



L'invention de la mobilité quotidienne. Aspects performatifs des instruments de la socio-économie des transports

Hadrien Commenges

► To cite this version:

Hadrien Commenges. L'invention de la mobilité quotidienne. Aspects performatifs des instruments de la socio-économie des transports. Géographie. Université Paris-Diderot - Paris VII, 2013. Français. NNT : . tel-00923682

HAL Id: tel-00923682

<https://theses.hal.science/tel-00923682>

Submitted on 3 Jan 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

THÈSE DE DOCTORAT

Université

UNIVERSITÉ PARIS DIDEROT-PARIS 7

École doctorale

École Doctorale de Géographie de Paris

Présentée par

Hadrien COMMENGES

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN GÉOGRAPHIE

Titre de la thèse :

L'invention de la mobilité quotidienne.

Aspects performatifs des instruments de la socio-économie des transports.

Réalisée sous la direction de Nadine CATTAN et de Lena SANDERS

soutenue publiquement le 3 décembre 2013, devant le jury composé de :

Nadine CATTAN	Directrice de recherche, CNRS
Olivier COUTARD	Directeur de recherche, CNRS
Yves CROZET	Professeur d'économie, Université de Lyon 2 - Rapporteur
Jean DEBRIE	Professeur de géographie, Université de Paris 1 - Président
Lena SANDERS	Directrice de recherche, CNRS
Thomas THEVENIN	Professeur de géographie, Université de Bourgogne - Rapporteur

Remerciements

Alain Desrosières utilise souvent le verbe « tenir » : « comment faire des choses qui tiennent », « comment faire des livres qui tiennent », « comment les choses tiennent ensemble ». Voici la définition la plus générale qu'il donne : faire des choses qui tiennent c'est « donner forme au chaos ». Si cette thèse est plus qu'un amas chaotique de réflexions éparses, si cette thèse est un ensemble qui se tient, c'est avant tout grâce à Nadine Cattan et Lena Sanders. Parmi tout ce qu'elles m'ont apporté durant ces années, je dois me concentrer sur le principal pour ne pas en écrire des pages et des pages. *Comprendre quelque chose ne sert à rien si on n'est pas capable de le faire comprendre aux autres* : voici en quelques mots ce que m'a appris Nadine, avec sa grande attention pour l'écriture efficiente et la transmission des connaissances. *Comprendre les démarches de construction de l'explication, la sienne propre et celle des autres* : voici en quelques mots ce que m'a appris Lena, avec sa logique implacable. Je les remercie pour m'avoir aidé à construire un ensemble qui se tient.

Je remercie les membres du jury : Olivier Coutard, Yves Crozet, Jean Debie et Thomas Thévenin. Ils ont accepté d'examiner cette thèse et de dire ce qu'ils en pensent. Qu'ils en pensent du bien ou du mal, le seul fait qu'ils pensent quelque chose de ce travail lui donne déjà de la valeur. « Tenir » signifie aussi « occuper un espace » et « résister » : c'est ce que j'essaierai de faire le 3 décembre !

Cette thèse tire son contenu d'un corpus d'entretiens et d'archives. Toutes les personnes qui ont accepté de me parler de leur expérience professionnelle, qui remontait pour certains à la fin des années 1950, doivent être remerciées. Plus particulièrement, je remercie Gabriel Dupuy sans qui je n'aurais pu rassembler un tel corpus d'entretiens. Je remercie également les personnels des archives du ministère (CRDD), des archives régionales d'Île-de-France, des archives de l'INSEE et des archives du SETRA pour leur efficacité.

Durant ces quatre années, je n'ai pas seulement appris à chercher mais aussi à enseigner. Un grand merci à ceux qui m'ont accompagné dans mes premiers pas : Stéphane à l'université de Reims et toute l'équipe enseignante de Paris 7, en particulier Myriam et Christine avec qui j'ai découvert le monde fabuleux des étudiants en première année.

Je remercie chaleureusement les membres de l'U.M.R. Géographie-cités, de l'équipe P.A.R.I.S. et plus particulièrement tous ceux qui ont peuplé le 5^e étage de la rue du Four. Martine, Véronique, Saber, Liliane, Antonin, Antoine, Céline, Renaud et ceux, nombreux, que j'oublie. Quelques mots de plus, pour Arnaud d'abord, qui m'a aidé à plusieurs reprises, et sans qui je n'aurais pas pu retrouver certains de ces vétérans des Trente Glorieuses. Et pour Hélène bien sûr, même si le geste n'est pas très original : elle apparaît dans les remerciements de la majeure partie des thèses soutenues au labo ces dix ou quinze dernières années.

Avant de commencer cette thèse, plusieurs personnes m'ont mis, volontairement ou non, sur cette voie, dans le *Master d'estudis territorials i urbanístics*, à l'*Institut d'Estudis Regionals i Metropolitans de Barcelona* et à *Lavola* : Francesc Carbonell, Josep Bàguena, Jordi, Dani, Maite, Núria, Aina, Albert, Sergi, Sergio, Xevi, Laura et Laura, Aitana, Francesc, Busta, Elena et j'en oublie beaucoup.

En arrivant à Paris, j'imaginai partager un *open space* avec d'autres doctorants dans une froide ambiance professionnelle. Oui, il y avait bien un *open space*, mais un *open space* surchauffé de 10 m², plein à craquer de gens tout aussi surchauffés. Partager un sandwich ne suffisait pas, il fallait aussi faire des petit-déjeuners. Mais ça ne suffisait pas, il fallait aussi faire des goûters, des apéros ou encore des goûters-apéros. Merci à tous pour ces moments, sachez que les commerces et les bars du quartier vous remercient également. Les voici, dans une liste non exhaustive et dont les critères de classification n'appartiennent qu'à moi : Matthieu et Florent ; Seb et Clara ; Romain et Mathieu ; Julie et Julie ; David et José ; Pierre et Sylvain ; Elfie et Étienne ; Jean-Baptiste et Brenda ; Solène et Clémentine et Paul ; Dimitra, Stavros et Ioanna ; Delphine, Charlène et Élodie ; Robin et Olivier ; Zoé et Sylvestre ; Thomas, Julie et Marion. Une nouvelle tournée pour les relecteurs, s'il reste des coquilles et des fautes d'ortographe, vous êtes les seuls responsables : Brenda, Solène, Sylvestre, Thomas, Pierre, Robin, Clémentine, Olivier.

« Se tenir » signifie enfin « se placer », « persister » et « rester dans une position stable ». Ces derniers remerciements vont donc naturellement à ceux qui font que je me tiens, tant bien que mal, depuis maintenant trente ans. Marco et Yaima, Juliette et ses parents, la famille Bouchara, Olivier et Helena, Rowan, Núria et Imogen, Jordi et Maria José, Hubert et Anne. Et puis bien sûr toute ma famille, élargie à ceux qui sont morts et à ceux qui vont naître, en particulier à mes parents, à Manu, Fanny, Aimé et Shanti, à Judith et Jan, à Edu, Helena et Teo. Et finalement à Anna qui, depuis maintenant dix ans, oscille à mes côtés, sans qu'il soit possible de dire lequel des deux fait tenir l'autre.

Table des matières condensée

Introduction générale	xi
I Mise en forme de la <i>mobilité quotidienne</i>	1
1 Cadre théorique et matériau empirique pour une histoire de la <i>mobilité quotidienne</i>	5
2 Réification des concepts de la <i>mobilité quotidienne</i>	41
3 Stabilisation des objets conceptuels et des dispositifs techniques de la socio-économie des transports	73
II Catachrèse des enquêtes ménages déplacements	99
4 L'enquête ménages déplacements comme filtre	103
5 L'espace des lieux comme horizon indépassable	131
6 Les liens entre discours et mesure	169
III La planification des transports et ses instruments	219
7 La planification des transports face aux pratiques de mobilité	223

8	Modélisation du processus de planification des transports	257
	Conclusion générale	299
IV	Annexes, bibliographie, tableaux et figures	307
A	Détail des traitements réalisés	309
B	Les sigles utilisés et leur évolution	315
C	Description des enquêtes utilisées	319
D	Compte-rendu de voyage aux États-Unis (CREDOC, 1966)	325
	Bibliographie	329
	Liste des tableaux	363
	Table des figures	365

Table des matières

Introduction générale	xi
I Mise en forme de la <i>mobilité quotidienne</i>	1
1 Cadre théorique et matériau empirique pour une histoire de la <i>mobilité quotidienne</i>	5
Introduction	6
1.1 Entre constructionnisme et anthropologie des techniques	7
1.2 L'existence de la socio-économie des transports	17
1.3 La constitution d'un corpus d'archives et d'entretiens	28
Conclusion	39
2 Réification des concepts de la <i>mobilité quotidienne</i>	41
Introduction	42
2.1 Les dispositifs techniques de la socio-économie des transports	42
2.2 Les mots de la socio-économie des transports	63
Conclusion	71
3 Stabilisation des objets conceptuels et des dispositifs techniques de la socio-économie des transports	73
Introduction	74

3.1	La matrice technique	75
3.2	L'interopérabilité et la stabilisation	82
3.3	L'évolution de la <i>matrice technique</i>	94
	Conclusion	95
II	Catachrèse des enquêtes ménages déplacements	99
4	L'enquête ménages déplacements comme filtre	103
	Introduction	104
4.1	Le déplacement au cœur du modèle conceptuel historique des EMD	105
4.2	Placer l'individu au cœur de la mobilité	113
4.3	Repenser les propriétés des objets de l'enquête	121
	Conclusion	129
5	L'espace des lieux comme horizon indépassable	131
	Introduction	132
5.1	Activité et présence : un état de l'art	133
5.2	Dénouer les liens entre lieu et activité	140
5.3	Confronter les flux à la co-présence	146
5.4	Confronter les déplacements à la présence	157
	Conclusion	167
6	Les liens entre discours et mesure	169
	Introduction	170
6.1	Classer et mesurer : le domaine de validité des EMD	172
6.2	Le discours et sa mesure, congruence et décalages	193
	Conclusion	213
III	La planification des transports et ses instruments	219
7	La planification des transports face aux pratiques de mobilité	223
	Introduction	224
7.1	Règles de composition	225
7.2	Prise de vue	242
	Conclusion	255

8	Modélisation du processus de planification des transports	257
	Introduction	258
8.1	Les liens entre les instruments de la socio-économie des transports et les caractéristiques des réseaux	260
8.2	Un modèle de simulation de l'évolution des réseaux de transport	274
8.3	La génération d'un réseau de transport comme support de réflexion	285
	Conclusion	296
	Conclusion générale	299
IV	Annexes, bibliographie, tableaux et figures	307
A	Détail des traitements réalisés	309
B	Les sigles utilisés et leur évolution	315
C	Description des enquêtes utilisées	319
D	Compte-rendu de voyage aux États-Unis (CREDOC, 1966)	325
	Bibliographie	329
	Liste des tableaux	363
	Table des figures	365

Conventions typographiques, sigles, traductions et logiciels

Les citations d'articles ou d'ouvrages apparaissent dans le corps de texte, entre guillemets et sans italique. Les citations en anglais ne sont pas traduites. Les extraits d'entretiens sont détachés du corps de texte, accompagnés de guillemets et d'italique. À chaque extrait cité, le nom de la personne et la date de l'entretien sont mentionnés.

L'Académie française recommande la soudure des mots formés d'un noyau et d'un préfixe si cette soudure n'entraîne aucun problème de lecture. Cependant, cette recommandation est relativement récente et dans les documents consultés pour la thèse, en particulier dans les archives, noyau et préfixe sont séparés par un tiret. Cette orthographe est conservée et la soudure n'est pas appliquée dans la thèse : les termes les plus employés sont « socio-économie », « socio-professionnel », « intra-urbain », « inter-urbain » et « co-construction ».

Les notes de bas de page sont numérotées de façon continue. Deux types de documents sont distingués : les figures et les tableaux. Le numéro du document est composé du numéro de chapitre suivi de l'ordre d'apparition du document dans le chapitre.

La liste des sigles utilisés est présentée dans l'Annexe **B**. En effet, de nombreux sigles désignent des organismes qui ont été transformés et/ou renommés au gré des démembrements et de remembrements administratifs. Cette liste de sigles est donc accompagnée d'une frise chronologique retraçant ces évolutions.

L'italique est utilisé à plusieurs reprises dans deux usages différents : d'abord, pour mettre l'accent sur les notions clefs, en particulier lorsqu'il s'agit de notions proposées dans le cadre de cette thèse ; ensuite, dans un usage strictement lexical, pour isoler un terme ou une expression. L'italique qui, tout au long de la thèse, accompagne l'expression *mobilité quotidienne* remplit ces deux usages : l'isoler en tant qu'expression unitaire et mettre l'accent sur cette notion clef de la thèse.

L'ensemble de la thèse est réalisé sur des logiciels libres : système d'exploitation Debian ou dérivé ; R et RStudio pour les traitements statistiques, les graphiques, l'analyse de graphes et la cartographie ; Inkscape pour la mise en forme finale des graphiques ; Latex et LaTeXila pour la rédaction du manuscrit.

Introduction générale

« J’aurais aimé m’apercevoir qu’au moment de parler une voix sans nom me précédait depuis longtemps : il m’aurait suffi alors d’enchaîner, de poursuivre la phrase, de me loger, sans qu’on y prenne bien garde, dans ses interstices, comme si elle m’avait fait signe en se tenant, un instant, en suspens » ([Foucault 1971](#)). La thèse qui s’ouvre ici cherche sa voie à travers la voix des autres : ceux qui ont construit un discours sur la mobilité et les transports depuis un peu plus d’un demi-siècle.

Ces voix disent des choses diverses et parfois contradictoires. Edgard Pisani ([1966](#)) dit : « voici l’automobile individuelle [...] il n’est qu’un moyen de se libérer de son empire, c’est de lui faire dans l’aménagement de nos cités la place qui lui revient. Elle sera obsédante dans la mesure où elle sera insatisfaite. » Guy Debord ([1959](#)), quelques années auparavant, dit : « l’urbanisme ne doit certes pas ignorer l’automobile, mais encore moins l’accepter comme thème central. Il doit parier sur son dépérissement. »

Des années 1950 à nos jours, la question des transports se manifeste partout, dans les discours politiques, médiatiques, techniques et scientifiques. Elle surgit parfois avec violence : « l’État ne nous transporte pas, il nous roule » (mai 1968), « Paris chambre à gaz, vive la chambre à air » (manifestations contre la voie express rive gauche). Elle s’exprime aussi à travers des procédures complexes, à l’image du débat sur le Grand Paris : dossier du maître d’ouvrage, évaluation stratégique environnementale, avis et contributions du public, cahiers d’acteurs du Grand Paris, etc.

Aux origines de la *mobilité quotidienne* : l'ingénierie du trafic

Les discours sur la mobilité et les transports ne datent pas des années 1950. La première moitié du XX^e siècle regorge de discours sur le sujet. Avant les années 1950, le terme de *mobilité* est très rarement employé dans le sens actuel, et encore moins celui de *mobilité quotidienne*. Un détour par le dictionnaire historique¹ donne un aperçu de l'évolution du terme mobilité :

- « inconstance, instabilité » (1200) ;
- « facilité à passer d'un état psychologique à un autre » (1667) ;
- « caractère de ce qui change rapidement d'aspect ou d'expression » (1797) ;
- « caractère des personnes qui se déplacent souvent » (1921, chez Vidal de la Blache).

En français, le terme *mobilité* ne s'applique donc au déplacement des personnes qu'à partir des années 1920 et il ne désigne pas précisément le déplacement réalisé sur la voie publique. C'est à cette époque que les sociologues de l'École de Chicago donnent les premières définitions formelles du terme : pour Roderick D. McKenzie la mobilité désigne « le changement de résidence d'une agglomération à une autre ; le changement de résidence d'un quartier à un autre [...] ; la mobilité sans changement de résidence. » Pour Robert E. Park, « la mobilité d'un individu ou d'une population ne se mesure pas seulement par le déplacement, mais aussi par le nombre et la diversité des stimulations auxquelles ils doivent répondre. » La définition est précisée ainsi par Ernest Burgess : « En soi, le déplacement n'est une preuve ni de changement ni de croissance [...] La mobilité, c'est évident, implique changement, expérience nouvelle, stimulation [...] La mobilité de la vie urbaine, avec son accroissement de stimulations en nombre et en intensité, tend inévitablement à créer chez la personne confusion et démoralisation, car un élément essentiel des mœurs et de la moralité est la cohérence » (toutes les citations sont extraites de l'anthologie dirigée par Joseph et Grafmeyer 2004, p.143 et p.224).

En première analyse, ce type de définition, que Vincent Kaufmann a récemment remis au goût du jour, a peu de choses à voir avec la *mobilité quotidienne* dont cette thèse retrace l'invention. Deux phénomènes majeurs apparaissent aux États-Unis à cette époque : l'urbanisation massive avec son lot de migrations intra- et internationales et l'essor de l'automobile comme moyen de transport de masse. Les sociologues de Chicago prennent le premier phénomène comme objet de recherche et l'appréhendent à travers la notion de *mobilité*. Les ingénieurs s'intéressent au second phénomène et l'appréhendent à travers la notion de *trafic* et de *circulation*.

1. Le Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales (CNRTL), utilisé à plusieurs reprises dans la thèse : <http://www.cnrtl.fr/etymologie>.

A posteriori, il peut sembler surprenant que ces sociologues aient fait l'impasse sur le phénomène d'*automobilisation* (Dupuy 1995; 1999a) alors qu'il y a une coïncidence spatiale et temporelle presque parfaite entre l'essor de l'automobile (Detroit, 1920) et la constitution de l'École de Chicago (Chicago, 1915 : premier article de Robert E. Park sur la ville). Lannoy (2003) explique cet apparent paradoxe par le travail de délimitation des *territoires disciplinaires* (Becher 1981, Becher et Trowler 2001) qui s'opère dans les années 1920 à Chicago (p.503) : « l'annexion de nouveaux terrains exige d'importants investissements : non seulement s'agit-il de convaincre son propre milieu et ses propres auditoires de la pertinence de cette annexion, mais en outre faut-il écarter les concurrents potentiels, ces autres producteurs de science qui peuvent évoluer tout autant à l'intérieur qu'à l'extérieur du champ disciplinaire. » John H. Mueller, seul sociologue de cette école ayant fait de l'automobile son objet de recherche, échoue dans cette tâche. Miller McClintock, ingénieur, réussit à faire du trafic automobile un objet de recherche et il participe par là à la fondation de l'ingénierie du trafic naissante.

Cette frontière originelle entre la sociologie urbaine et l'ingénierie du trafic se maintient jusqu'aux années 1970 et justifie l'objet et le titre de cette thèse : l'invention de la *mobilité quotidienne* n'est pas le fait de la sociologie urbaine mais bien de l'ingénierie du trafic automobile, qui donnera naissance à l'économie et à la socio-économie des transports. Cette affirmation n'est pas évidente, elle demande de bien séparer le mot et l'objet. Les sociologues utilisent le terme *mobilité* dès les années 1920 pour désigner le changement d'état ou d'environnement. À la même époque, les ingénieurs et les économistes du transport commencent à s'intéresser à la *mobilité* conçue comme mouvement effectif dans l'espace, mais ils n'utilisent ce terme qu'à partir de la fin des années 1970. L'objectif de la thèse n'est pas de retracer isolément l'histoire du mot ou du phénomène *mobilité quotidienne*, il s'agit d'examiner tout l'appareillage technique et conceptuel qui fait le lien entre mot et phénomène. Avant de développer cet objectif très général, il convient de revenir sur ce qui le motive.

A partir des travaux de McClintock, la circulation devient objet d'étude et un corps de connaissance se constitue progressivement sur ce thème, en particulier dans les années 1940 et 1950. L'ingénierie du trafic se diffuse rapidement dans les pays d'Europe occidentale. Dès la fin des années 1950, en France, au Royaume-Uni, aux Pays-Bas, des spécialistes d'un nouveau genre apparaissent : spécialistes de la circulation chargés d'examiner, de proposer, d'évaluer les projets d'infrastructures et de services de transport.

Pour mesurer à quel point ce changement est radical, il faut recenser ce qu'il y avait avant l'arrivée de ces spécialistes. Il y avait des ingénieurs formés à la conception, à la construction et à l'entretien des infrastructures (Picon 1992). Il y avait des statisticiens, des démographes, des géographes et des sociologues qui s'intéressaient aux migrations résidentielles et aux migrations alternantes (Joseph et Grafmeyer 2004). Il y avait des services de police chargés de la régulation de la circulation (Gardon 2009) et il y avait des architectes qui se faisaient une opinion de la circulation et de la fonction qu'elle devrait occuper au sein de la ville (Choay 1965). Les rares données existantes sur la circulation

servaient des objectifs très spécifiques qui avaient peu de rapport avec la constitution d'une connaissance sur la circulation (cf. Section 2.1.1). Il n'y avait ni théorie, ni méthode, ni matériau empirique pour la constitution d'un tel domaine de connaissance et d'action.

Aux origines de la thèse : un intérêt pour les liens entre discours et action

Cette thèse s'appuie sur la constitution d'un matériau historique d'entretiens et d'archives. L'intérêt de ce matériau se justifie avant tout par l'idée que le contenu conceptuel d'un travail n'est pas autonome mais dépend de son contexte de production (cf Section 1.1). L'étape suivante s'impose ainsi d'elle-même : revenir sur le contexte de production de la thèse, en particulier sur ce qui la motive. Ce retour est nécessaire pour comprendre pourquoi certaines interrogations ont émergé plutôt que d'autres et comment elles ont pris forme.

Mon intérêt pour la mobilité et les transports peut être daté assez précisément à l'année 2006, lors de mon inscription dans le master d'études territoriales et urbanistiques organisé par l'*Escola d'Administració Pública de Catalunya*, l'*Universitat Politècnica de Catalunya* et l'*Universitat Pompeu Fabra*. Le premier livre que j'ai lu à ce propos est l'édition espagnole de *L'urbanisme des réseaux* de Gabriel Dupuy (1998), préfacée par Albert Serratosà i Palet qui était alors directeur du master.

Albert Serratosà, diplômé de l'*Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*², fût l'un des artisans du premier « plan directeur territorial » de la région de Barcelone durant les années 1960. C'était un personnage étonnant sous divers aspects, souvent par son décalage avec les étudiants et avec les autres enseignants. Par exemple, lors de la présentation des mémoires de fin d'étude, un groupe d'étudiants avait proposé l'introduction d'un « péage dissuasif » sur une voie rapide menant à Barcelone. Il était alors intervenu en disant : « si vous voulez dissuader les gens de prendre l'autoroute, vous n'avez qu'à y mettre un feu rouge. » Le décalage culturel était frappant entre sa vision de l'action territoriale et les nouvelles approches de « chrono-aménagement » (Crozet 2005a, Genre-Grandpierre et Banos 2011).

Dans le cadre de ce master, je suis entré à l'*Institut d'Estudis Regionals i Metropolitans de Barcelona* (IERMB), d'abord en stage puis en tant que chargé d'études de mobilité (2007-2008). Cet institut, qui ressemble sur bien des points à l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île-de-France (IAURIF), participe à la conception, à la réalisation et à l'exploitation de plusieurs grandes enquêtes, dont l'*Enquesta de Mobilitat Quotidiana*, utilisée dans la thèse (cf. Section 1.3). J'ai participé dans ce cadre à plusieurs projets

2. École fondée à Madrid en 1802 par Agustín de Betancourt y Molina sur le modèle de l'École des Ponts et Chaussées française. C'est de cette école qu'est issu Ildefons Cerdà, créateur du terme « urbanisme », auteur du premier traité d'urbanisme, et concepteur du plan d'agrandissement (*ensanche* en espagnol, *eixample* en catalan) de Barcelone qui multiplie par dix la superficie de la ville existante (Magrinyà 1996).

de recherche appliquée, d'étude prévisionnelle, mais jamais à des études opérationnelles d'application directe dans le cadre d'un projet urbain.

Je suis entré par la suite dans le bureau d'études environnementales *Lavola*, toujours en tant que chargé d'études de mobilité (2008-2009). Dans ce cadre j'ai réalisé un grand nombre d'études opérationnelles très particulières : les études d'évaluation de la mobilité générée (*estudis d'avaluació de la mobilitat generada*) mises en place en Catalogne par un décret de 2006 sur le modèle des *trip generation studies* américaines. C'est dans ce contexte opérationnel que l'idée de la thèse a germé, du décalage entre l'impact directement observable de ces études et la maîtrise sommaire des méthodes et des données utilisées pour les produire.

Ce bref retour sur mon parcours permet de comprendre la suite, en particulier la construction de la problématique et du matériau mobilisé dans la thèse (cf. Section 1.1.1). Dans une lecture rétrospective, les trois expériences mentionnées ont tissé des liens entre (1) la façon de quantifier la mobilité quotidienne (expérience à l'IERMB), (2) la façon de donner une traduction spatiale à la *demande* de mobilité quotidienne (expérience à Lavola) et (3) le discours technique constitué sur ce phénomène et encapsulé dans une forme de doctrine (rencontre avec Albert Serratos). C'est cet ensemble qui structure la thèse : le discours sur la mobilité quotidienne, l'action sur le phénomène de la mobilité quotidienne et les liens entre les deux. Ces deux versants sont désignés par les termes génériques proposés par Ian Hacking (cf. Section 1.1) : *idée* et *objet*. L'objet *mobilité quotidienne* désigne les pratiques effectives des individus qui se déplacent. L'idée *mobilité quotidienne* désigne le regroupement de certaines pratiques sous l'étiquette *mobilité quotidienne* ainsi que les concepts utilisés pour décrire ces pratiques.

Objectifs et motivations de la thèse

Le sens du mot « objectif » vient de la langue militaire, c'est « le point qu'on se propose d'atteindre avec les troupes » (CNRTL). Il n'y a pas de lien univoque entre l'objectif et l'intérêt qui le motive : on peut souhaiter atteindre ce point pour faire la paix ou pour massacrer l'ennemi. L'objectif général de cette thèse est d'examiner l'appareillage technique et conceptuel qui fait le lien entre l'idée et l'objet *mobilité quotidienne*. Ce point que l'on se propose d'atteindre est motivé par un désir de comprendre la *mobilité quotidienne*, à la fois dans sa dimension de connaissance et d'action. Comment savons-nous ce que nous croyons savoir sur la *mobilité quotidienne* ? Comment ce que nous savons sur la *mobilité quotidienne* influe sur notre façon d'agir sur elle ? Ce diptyque vient d'un double constat :

1. C'est à travers l'appareillage technique et conceptuel décrit dans la thèse que l'ingénierie du trafic (puis l'économie et la socio-économie des transports) invente l'idée *mobilité quotidienne*.

2. L'action sur l'objet *mobilité quotidienne*, c'est-à-dire sur le phénomène lui-même, dépend étroitement de l'idée que l'on en a construite.

Deux types de résultats sont attendus de ce travail : le premier touche à la connaissance de la mobilité quotidienne à travers des dispositifs de quantification ; le second touche à l'action sur la mobilité quotidienne et sur l'espace.

D'abord, bon nombre d'objets statistiques, de catégories et de concepts utilisés pour appréhender le phénomène de la mobilité quotidienne datent des années 1950. Le phénomène évolue certainement plus vite que cet appareillage conceptuel, qui ne permet donc pas de saisir certaines évolutions majeures. L'exemple des deux-roues illustre bien ce type de décalage (cf. Section 6.1.1). Durant les années 1960-1970, les deux-roues motorisés, véhicules dévalorisés et en perte de vitesse après-guerre, connaissent un développement rapide. Parallèlement, le vélo connaît un déclin constant. A cette époque, les « enquêtes ménages déplacements »³ englobent les deux modes de transport dans une même catégorie « deux-roues », ce qui a deux conséquences majeures. D'abord, l'usage du vélo ne pourra jamais être quantifié avant le milieu des années 1970. Ensuite, son déclin n'a pas été pris en compte dans les politiques de transport (action sur l'objet *mobilité quotidienne*) pour la bonne raison que ce mode n'existe pas dans l'appréhension du phénomène (contenu de l'idée *mobilité quotidienne*).

S'interroger sur l'histoire de l'appareillage technique et conceptuel a donc un double intérêt : proposer des évolutions pour les catégories et les concepts les plus surannés ou, à défaut, mettre en évidence la perte d'information qu'ils entraînent. La deuxième partie de la thèse insiste de façon récurrente sur plusieurs aspects des enquêtes ménages déplacements qui datent des origines et qui sont de moins en moins adaptés à l'appréhension du phénomène : l'objet statistique *déplacement* n'est pas la seule façon de décrire des pratiques de mobilité (cf. Section 4.1) ; la notion de *motif de déplacement* masque les liens variables entre des lieux et des activités (cf. Section 5.2), etc. Cette partie propose également des pistes pour évoluer.

Ensuite, l'ingénierie du trafic, puis l'économie et la socio-économie des transports, ont forgé des critères et des méthodes pour faire des prévisions des flux futurs et pour évaluer la rentabilité des investissements en infrastructures et services de transport. Il y a plusieurs façons d'examiner ces critères et ces méthodes. Celle proposée dans la troisième partie de la thèse consiste à examiner les effets sociaux et spatiaux générés par l'application de ces méthodes et de ces critères. Il s'agit d'abord de mettre en évidence toutes les pratiques de mobilité que les critères de planification laissent de côté. Dans un second temps, un exercice de modélisation est proposé qui sert de support à une réflexion sur les effets spatiaux du processus de planification des transports. Ce travail alimente le débat qui a lieu depuis une dizaine d'années sur les inégalités sociales d'accès aux transports, sur le droit à la ville et sur le droit à la mobilité. Il permet de réfléchir sur la nécessité

3. Enquêtes qui produisent une information sur les déplacements réalisés par les membres de ménages. La Section 2.1.1 retrace l'histoire de ce dispositif d'enquête et détaille ses principales caractéristiques.

d'introduire des critères sociaux et de critères spatiaux dans l'évaluation des politiques de transport.

Structure de la thèse

La thèse est structurée en cohérence avec ces remarques (cf. Figure 1). La première partie interroge l'existence et la nature de la socio-économie des transports. Ce n'est qu'une fois l'existence de ce « domaine »⁴ assurée qu'il sera possible de lui attribuer l'invention de la *mobilité quotidienne*. Il s'agit également de décrire l'appareillage technique et conceptuel de la socio-économie en insistant sur les interrelations qui font sa cohérence et sa robustesse.

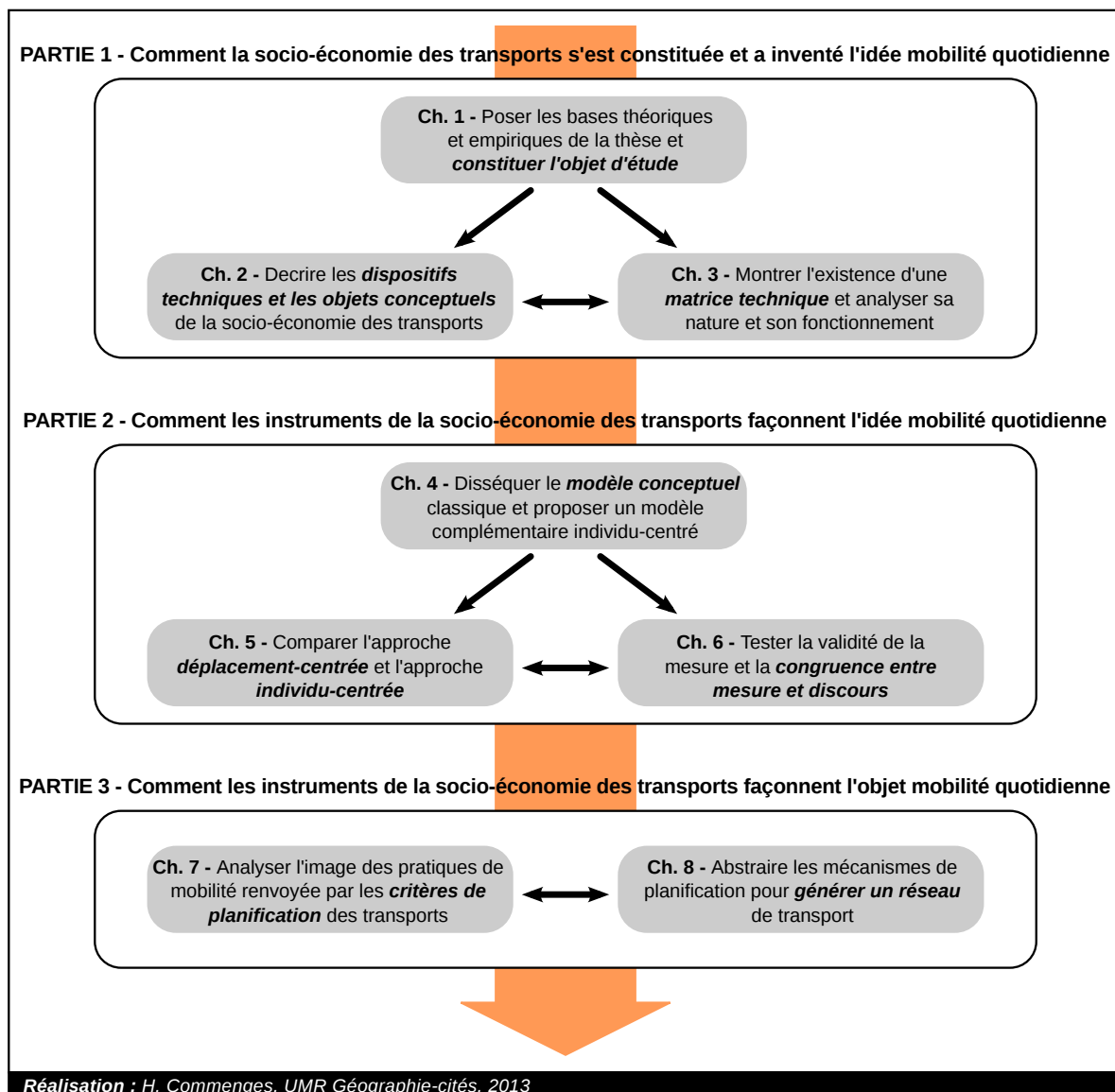


Fig 1 – Structure et fil conducteur de la thèse

4. Le terme « domaine » est employé provisoirement pour désigner la socio-économie des transports, en attendant l'essai de définition proposé dans la Section 1.2.2.

La deuxième partie cherche à éclairer comment les instruments techniques et conceptuels de la socio-économie des transports façonnent l'idée *mobilité quotidienne*. A partir de plusieurs types de dispositifs d'enquête, les objets statistiques, les catégories et les concepts classiques de l'analyse de la mobilité sont questionnés. Une analyse de l'enquête Mobidrive s'intéresse à la question de la routine dans les pratiques de mobilité et à la notion de *jour ouvrable type*. Une analyse de l'enquête Emploi du Temps interroge la pertinence de la notion de *motif de déplacement*. Une analyse de l'enquête panel de Seattle (*Puget Sound Transportation Panel Survey*) s'intéresse à la mesure de l'évolution des pratiques modales quantitatives, etc. Une enquête est un assemblage d'objets statistiques (ménage, individu, déplacement, etc.) définis à l'intérieur d'un cadre spatio-temporel (granularité spatiale, temps de référence) et dotés de certaines propriétés (nombre de personnes dans le ménage, sexe de l'individu, motif de déplacement, etc.). La conception de cet assemblage a un effet certain sur la connaissance qui peut en être tirée : c'est ce lien qui est examiné dans la deuxième partie.

La troisième partie s'intéresse aux liens entre les instruments techniques et conceptuels de la socio-économie des transports et l'action sur l'objet *mobilité quotidienne*, c'est-à-dire sur le phénomène lui-même. Dans un premier temps, les principaux critères de planification des transports sont dégagés, critères qui mettent le focus sur certains types de pratiques (navetteurs de longue distance) et en excluent d'autres (immobilité, mobilité non motorisée, etc.). Ces critères sont confrontés aux pratiques effectives de mobilité. L'intérêt de cette analyse est de mieux comprendre les choix d'investissement : la décision politique s'appuie sur une certaine image des pratiques de mobilité, image qui est produite par les méthodes de mesure, de modélisation et d'évaluation économique. Dans un second temps, un modèle est proposé qui applique de façon systématique des procédures de prévision des flux et d'évaluation économique à un espace théorique. Cet exercice de modélisation amène à réfléchir à l'action des instruments de la socio-économie des transports sur l'espace et sur la mobilité.

Première partie

Mise en forme de la *mobilité* *quotidienne* : histoire et épistémologie de la socio-économie des transports

Introduction de la première partie

L'approche historique et épistémologique de instruments de la socio-économie des transports qui s'ouvre ici s'appuie sur les travaux de nombreux chercheurs. Deux d'entre eux ont joué un rôle particulier pour la mise en place de l'objet de recherche et pour la formalisation des questionnements : Alain Desrosières et Gabriel Dupuy.

Alain Desrosières s'est interrogé dès la fin des années 1970, suivant la piste ouverte par Bourdieu, sur « les dimensions historiquement et socialement situées des outils techniques » (Desrosières 2003a, p.209). Il a publié un grand nombre d'articles et d'ouvrages à ce sujet, s'intéressant à l'histoire des probabilités et des statistiques, à la question des nomenclatures statistiques (Desrosières et Thévenot 1979, Desrosières 2001), aux problèmes posés par les séries historiques (Desrosières 1992), à la fonction de la quantification pour l'action publique (Desrosières 2003b), à la question à la formation des statisticiens (Desrosières 1995) ou aux liens unissant statistique et sociologie (Desrosières 1986; 2003a). La découverte de ses travaux, au début de ce travail de thèse, a eu une influence forte et durable sur l'analyse des instruments de la socio-économie des transports qui y est menée.

Cette première partie s'appuie largement sur les travaux de Desrosières pour comprendre la nature et la force des conventions. En français comme en anglais, le langage courant considère l'arbitraire et le conventionnel comme synonymes, allant jusqu'à parler de « conventions arbitraires ». L'arbitraire et le conventionnel ne sont pourtant pas des synonymes mais des antonymes. L'arbitraire qualifie le résultat de la volonté ou du jugement d'une seule personne. Le conventionnel qualifie le résultat d'un accord, d'un pacte souscrit par une communauté. Les instruments de la socio-économie des transports doivent leur naissance et leur survie à un tel pacte. La communauté technique puis scientifique qui souscrit ce pacte s'accorde sur certains points essentiels, elle s'accorde également « sur les terrains de désaccord » (Bourdieu 1992b, p.152). Sans conventions, il ne peut y avoir ni communauté ni production technique ou scientifique.

Le second personnage emblématique est Gabriel Dupuy. Avant d’entrer dans le monde académique, il a commencé sa carrière au Centre d’Études et de Recherches sur l’Aménagement Urbain (CERAU) à la fin des années 1960. Ce centre, dirigé à l’époque par Georges Mercadal (interrogé dans le cadre de la thèse), a réalisé des études importantes et a contribué à la constitution de la socio-économie des transports française. Gabriel Dupuy est surtout connu pour les travaux qu’il a réalisés à partir de la fin des années 1980 sur les réseaux (Dupuy 1987; 1988; 1991) et sur la dépendance automobile (Dupuy 1995; 1999a;b). Mais c’est une recherche qu’il a menée près de vingt ans auparavant qui a marqué le développement de ce travail de thèse, recherche intitulée *Une technique de planification au service de l’automobile : les modèles de trafic urbain* (1975). Il s’agit du premier travail s’intéressant à la fonction, et non au seul fonctionnement, des instruments de l’ingénierie du trafic. À partir d’entretiens avec des économistes et des ingénieurs et à partir d’archives sur la planification des transports, il dresse une analyse historique des modèles de trafic et dévoile leur fonction. Outils techniques à l’apparence de neutralité, ils « légitiment l’action planificatrice de l’appareil d’État » par le truchement du corps des Ponts et Chaussées, action qui se traduit en grande partie par des investissements routiers.

La première partie de la thèse s’appuie donc sur les travaux de ces deux chercheurs pour retracer la mise en forme de la *mobilité quotidienne* à travers les instruments de l’ingénierie du trafic puis de la socio-économie des transports. Cette démarche historique et épistémologique vise à montrer comment ces instruments se sont constitués en un tout stable et cohérent qui a façonné, techniquement et conceptuellement, notre connaissance de la *mobilité quotidienne*. Le premier chapitre s’interroge sur l’existence d’un « domaine » baptisé « ingénierie du trafic », puis « socio-économie des transports ». Il s’agit d’examiner s’il s’agit d’un agrégat hétérogène d’organismes et de personnes ou s’il est doté d’une cohérence suffisante pour l’appréhender comme un ensemble. Le cadre théorique et le matériau empirique mobilisé dans cet objectif est présenté. Ce matériau est constitué d’un corpus d’archives, d’un corpus d’entretiens et d’un jeu d’enquêtes quantitatives de terrains et d’époques diverses. Le deuxième et le troisième chapitre analysent l’appareillage technique et conceptuel mis en place par la socio-économie pour appréhender la mobilité quotidienne. En effet, c’est en décortiquant cet appareillage qu’il sera possible d’approcher les modalités d’invention et de mise en forme de la *mobilité quotidienne*.

CHAPITRE 1

Cadre théorique et matériau empirique pour une histoire de la *mobilité quotidienne*

Introduction	6
1.1 Entre constructionnisme et anthropologie des techniques . .	7
1.1.1 La construction sociale de la <i>mobilité quotidienne</i>	7
1.1.2 Faire le lien entre rapports sociaux et critères d'objectivité . .	12
1.1.3 Repenser les objets et les dispositifs techniques	14
1.2 L'existence de la socio-économie des transports	17
1.2.1 La fonction des dispositifs techniques	18
1.2.2 La nature de la socio-économie des transports	22
1.3 La constitution d'un corpus d'archives et d'entretiens	28
1.3.1 Description du contenu des corpus d'archives et d'entretiens . .	28
1.3.2 Mode de construction et fonction des corpus d'archives et d'entretiens	33
1.3.3 Vue d'ensemble du matériau empirique mobilisé	35
Conclusion	39

Introduction

L'objectif initial de ce travail de thèse était d'étudier la façon de quantifier la *mobilité quotidienne* à travers un certain type d'enquête : les enquêtes ménages déplacements. En remontant aux origines de ce dispositif d'enquête, il est rapidement apparu que les personnes et les organismes qui les ont mis en place aux États-Unis puis en France n'utilisaient pas le terme de « mobilité quotidienne ». La *mobilité quotidienne* comme objet de recherche, ainsi qu'un grand nombre de concepts utilisés aujourd'hui pour l'appréhender, sont apparus à cette époque, dans un « domaine »⁵ baptisé en France « socio-économie des transports ». Pour comprendre ce qu'est la mobilité quotidienne, il faut donc au préalable s'assurer de l'existence de ce domaine et s'interroger sur sa nature : c'est l'objet de ce premier chapitre.

Il aborde en premier lieu le cadre théorique dans lequel s'inscrit l'ensemble de la thèse. S'appuyant sur des travaux de sociologie (Bourdieu), de philosophie et de sociologie des sciences (Hacking, Latour), d'anthropologie des techniques (Akrich), de socio-histoire de la statistique (Desrosières) et de sciences politiques (Lascoumes), il s'intéresse au rôle des objets et des dispositifs dans la constitution de la socio-économie des transports.

L'exercice réalisé en début de chapitre consiste à *incarner* le cadrage théorique, c'est-à-dire de lui faire « prendre chair » en le replaçant dans mon parcours personnel et professionnel. Il apparaît que certaines motivations extra-académiques nourrissent mon inscription théorique et que, en retour, ce travail théorique aide à comprendre et à canaliser ces motivations extra-académiques.

L'interrogation sur le rôle des objets et des dispositifs est invoquée pour délimiter et définir l'un des termes clefs de la thèse : la socio-économie des transports. Certains auteurs ([Offner 1994](#), [Zembri 2005](#)) ont mis en avant la difficulté de la définir, difficulté également soulevée par les acteurs de ce domaine qui ont été interrogés dans le cadre de la thèse. Délimiter et qualifier la socio-économie des transports est un enjeu crucial dont la réussite conditionne la pertinence de la thèse. Il s'agit en particulier de savoir si ce « domaine » peut être constitué en objet de recherche et quel nom lui donner. Une fois ce travail réalisé, il sera possible de considérer la socio-économie comme berceau de l'idée de *mobilité quotidienne* ou, dit d'une autre façon, il sera possible de parler de l'invention de la *mobilité quotidienne* par la socio-économie des transports.

Cet essai de définition est suivi d'une présentation des moyens d'investigation mis en œuvre pour retracer la naissance et le développement de la socio-économie des transports, pour examiner les controverses qui l'ont traversée, pour appréhender les choix et les enjeux intervenant dans la constitution de ses concepts et de ses dispositifs techniques. Il s'agit de préciser le mode de construction du matériau empirique utilisé, de revenir sur le contenu d'un tel corpus et sur sa fonction dans le développement de la thèse.

5. Ce terme de « domaine » est utilisé temporairement jusqu'à ce qu'il soit qualifié de façon plus précise dans la Section [1.2.2](#).

1.1 Entre constructionnisme et anthropologie des techniques

« *The world does not come quietly wrapped up in facts.* »

IAN HACKING, 1999

« Le monde n'apparaît pas tranquillement emballé dans les faits », de même la *mobilité quotidienne* n'apparaît pas spontanément comme concept et comme objet de recherche. La *mobilité quotidienne* est le résultat contingent d'une construction historique de dispositifs techniques et d'objets conceptuels. Cette section met au clair les motivations et les outils mobilisés pour étudier cette construction.

1.1.1 La construction sociale de la *mobilité quotidienne*

Pierre Bourdieu (1978, 2001, 2004) a développé dans plusieurs écrits un discours réflexif sur ses propres pratiques, l'objectivation du sujet analysant, l'*auto-analyse*. Cet exercice, crucial dans le cadre de travaux ethno- ou sociographiques, est esquissé ici pour faire comprendre les spécificités du produit de ces quatre années de thèse. Dans cette section, je présente donc quelques éléments du chemin que j'ai parcouru, éléments qui m'ont fait comprendre les directions prises au cours de ces années et qui aideront le lecteur à lire ce volume.

Cette thèse a été initiée en 2009 avec une certaine connaissance des aspects techniques de quantification de la *mobilité quotidienne*. Ces aspects techniques, détaillés dans la suite du chapitre, incluent des dispositifs techniques, en particulier les dispositifs d'enquête, ainsi que des méthodes d'analyse de données. J'avais aussi une expérience de l'utilisation de ces instruments dans le contexte appliqué des instituts et des bureaux d'études.

Les dispositifs techniques utilisés paraissaient très répandus dans les pays européens et aux États-Unis, ils étaient structurés autour de concepts forts comme le déplacement ou le motif de déplacement. Ces dispositifs et ces concepts semblaient naturels et inévitables. Lorsque j'ai commencé à imaginer le contenu de la thèse, mon travail était systématiquement et exclusivement dirigé vers une remise en cause des dispositifs utilisés. Cette remise en cause visait essentiellement à *déconstruire* les concepts pour montrer qu'ils n'étaient pas « naturels » ni « inévitables », qu'ils n'étaient pas les seuls envisageables et que certains étaient médiocres.

Dans un premier temps, j'ai cru que cette tendance à la critique était due à mon rejet, plus global, des discours « naturalistes » ou « essentialistes » qui sévissent dans tous les domaines. Le déterminisme géographique d'abord, qui fait régulièrement son apparition dans les discussions de comptoir, dans les manuels scolaires (Allix 1996) et dans certains

essais à visée scientifique tels que ceux de Francis Hallé ou de Jared Diamond⁶. Le discours essentialiste sur les différences hommes-femmes, qui se répand dans des livres plus ou moins scientifiques et dont certains, comme ceux de Barbara et Allan Pease, deviennent des *best-sellers*. Le discours sur le capitalisme et la mondialisation comme « phénomènes naturels », incarné par le slogan de Margaret Thatcher « TINA there is no alternative », malgré les travaux nombreux et déjà anciens qui ont dégagé les mécanismes de construction de ces phénomènes (Wallerstein 2009). Les discours essentialistes oscillent entre deux pôles opposés : soit ils reflètent de l'impensé, soit ils traduisent du *très-pensé* qui masque un rapport de domination en le naturalisant. Dans les deux cas, ils doivent être déconstruits.

Dans un second temps, j'ai compris que la critique systématique et certaines orientations de la thèse devaient être rapprochées de sentiments tirés de mon expérience professionnelle antérieure. Celle-ci, bien que très enrichissante, a aussi été très frustrante : les délais de production d'études étaient trop courts, les traitements trop standardisés, les questions posées trop balisées. Frustration et agacement ont été des moteurs puissants de mon travail, ils ont nourri ma motivation mais il était crucial de les canaliser. En quoi ces sentiments affectent le contenu du travail qu'ils motivent ? Répondre à cette question constitue le premier pas de cette démarche. Deux éléments centraux de la thèse (au moins) prennent leur source dans ce sentiment vis-à-vis de la façon de planifier les infrastructures et les services de transport : la structure de la thèse et le terrain d'étude.

Concernant le contenu et la structure, la thèse s'intéresse à la fois aux enquêtes de *mobilité quotidienne*, aux modèles de prévision et aux modalités d'évaluation économique des choix d'investissements. La source de mon agacement englobe en effet l'ensemble du processus qui va de la connaissance à l'action sur la *mobilité quotidienne*, il s'agit en particulier de l'absence de lien évident entre la connaissance et l'action. Les trois dispositifs qui assurent la connaissance de la mobilité présente (enquête), la prévision de la mobilité future (modèles) et le choix des investissements à réaliser (évaluation économique) devaient donc être réunis ici.

Le terrain d'étude principal est l'Île-de-France de la fin des années 1950 aux années 1980. J'ai cru au départ justifier ce choix par la grande complexité d'un système de mobilités fait d'une population nombreuse, d'acteurs de la planification variés, de réseaux de transport compliqués. Ré-examinant mon intérêt pour ce terrain à la lumière de ce qui vient d'être dit, je crois qu'il vient du fait que l'Île-de-France est à la fois le berceau et le conservatoire de la technocratie à la française, de la *planification rationnelle*, revendiquée par les acteurs de l'époque (Massé 1962; 1965), où la distance est faible entre les conclusions techniques de l'ingénieur-économiste et la prise de décision politique. Cette planification rationnelle est en grande partie un mythe, elle n'est sans doute pas souhaitable, mais elle est rassurante pour qui travaille dans l'aide à la décision. Après avoir été rapidement déçu par l'impression d'inutilité des études que j'avais réalisées dans ma courte expérience

6. Plusieurs revues ont publié des débats à ce sujet, voir par exemple le volume 35(4) de la revue *Antipode : a radical journal of geography* (2003) ou le volume 40(1) de *L'Espace géographique* (2011).

professionnelle antérieure, j'étais très curieux d'interroger des « experts » ayant vécu les heures de gloire de la technocratie⁷.

J'ai découvert assez tôt l'ouvrage de Ian Hacking, *Entre science et réalité. La construction sociale de quoi ?*, qui m'a fourni une explication limpide de ma démarche inconsciente ainsi que des pistes pour la re-diriger : « la plupart des gens qui font usage de l'idée de construction sociale mettent tout leur enthousiasme dans la critique, la transformation ou la destruction d'un X quelconque qui ne leur plaît pas » (Hacking 2001, p.21)⁸

Le travail d'Hacking s'inscrit dans le contexte de la « guerre des sciences » déclenchée ou ravivée par Alan Sokal en 1996 (cf. Section 1.1.2). Cherchant à clarifier certains malentendus mis en évidence par cette affaire, il entame sa recherche par une longue liste d'ouvrages dont l'objet est de mettre à jour la construction sociale du phénomène X : le genre, les émotions, la maladie, ou encore les femmes réfugiées. Il déroule ensuite un jeu d'énoncés qu'il retrouve à des degrés divers chez tous les constructionnistes sociaux⁹ du phénomène X (p.21) :

(1) *X n'a pas besoin d'exister, ou n'a pas besoin d'être comme il est. Il n'est pas déterminé par la nature, il n'est pas inévitable.*

(2) *Tel qu'il est, X est assez médiocre.*

(3) *Nous nous sentirions beaucoup mieux si nous pouvions nous débarrasser de X, ou tout au moins le transformer radicalement.*

À la suite de ces trois énoncés il ajoute une précondition sans laquelle le travail du constructionniste serait trivial : « (0) *Dans l'état actuel des choses, X est tenu pour acquis ; X apparaît comme inévitable* ».

Hacking définit ensuite six degrés d'engagement constructionniste en fonction des trois énoncés ci-dessus (cf. Figure 1.1). Le constructionnisme historique se réfère uniquement à l'énoncé (1) : X a été construit au cours d'un processus social. Les constructionnismes rebelles ou révolutionnaires cherchent à détruire X (énoncés (2) et (3)) dans un exercice intellectuel poursuivi par un engagement politique. C'est le cas d'un certain nombre de travaux sur la construction sociale du genre qui ont une visée explicitement émancipatrice. Entre les deux, il faut attirer l'attention sur le constructionnisme de dévoilement qui ne cherche pas « à réfuter des idées mais plutôt à les miner en exhibant la fonction qu'elles remplissent » (p.38). Dans ce cadre, le dévoilement vise à démasquer une idée, à « la dépouiller de ses faux attraits ou de toute autorité ».

7. Tous ces termes chers aux politologues (planification, technocratie, expertise) sont employés ici sans plus de précautions. Ils sont définis et mobilisés avec plus d'attention dans la Section 1.2.

8. Toutes les citations de ce livre tirées de l'édition française (Hacking 2001), sauf dans les rares cas où un détour par l'édition originale (Hacking 1999) est nécessaire.

9. La terminologie employée dans la suite du chapitre est celle d'Hacking : « constructionnisme » et non « constructivisme » ou « construcionnalisme ».

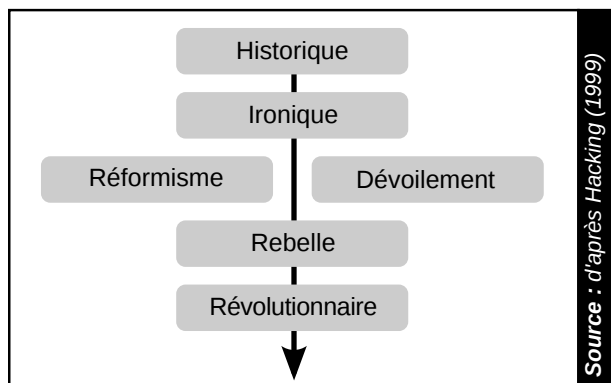


Fig 1.1 – Engagement constructionniste

À ses débuts, ce travail de thèse s'est inscrit inconsciemment dans une entreprise réformiste ou rebelle vis-à-vis de X : (0) les instruments et les concepts visant à quantifier la *mobilité quotidienne* sont tenus pour acquis, (1) ils ne sont pas inévitables, (2) tels qu'ils sont ils sont médiocres et (3) il serait bienvenu de s'en défaire ou de les transformer radicalement. Ce positionnement était également encouragé par une tendance plus générale, qui affecte souvent les travaux de recherche,

en particulier ceux qui se trouvent dans une phase de balbutiement. Après avoir pris connaissance de l'existant, il faut se positionner face à lui et produire quelque chose d'original vis-à-vis de lui. La façon la plus immédiate de se démarquer et de défendre une plus-value par rapport à l'existant est d'en faire la critique.

Au fur et mesure de l'avancement des travaux, cette démarche est apparue comme peu fructueuse. Il s'agit bien d'un travers qui mène rapidement à faire le procès d'un X présumé coupable. Je suis alors remonté dans les degrés d'engagement constructionniste (cf. Figure 1.1) vers le dévoilement et l'histoire. Sans totalement abandonner le contenu critique de la démarche, j'en suis venu à la reformuler et à la rediriger.

La « métaphore des lunettes » permet d'expliquer cette redirection. L'appel à idées de la 33^e Rencontre nationale des agences d'urbanisme s'interrogeait sur les lunettes à travers lesquelles on perçoit les villes : « des "lunettes" fabriquées pour une réalité dépassée, faisant courir à l'action publique un risque d'obsolescence; des "lunettes" aux focales inadaptées, impuissantes à saisir les complexités sociales et spatiales; des "lunettes" au champ de vision trop étroit obérant les marges de manœuvre de l'action publique. » Cette annonce pose plusieurs questions liées mais distinctes :

1. *Par qui* les lunettes ont-elles été conçues (concepteur) ?
2. *Comment* les lunettes ont-elles été conçues (méthode) ?
3. *(Quoi) Que* sont les lunettes (nature) ?
4. *Pour quoi* les lunettes ont-elles été conçues (but) ?
5. *En quoi* les lunettes sont-elles inadaptées (inadaptation) ?
6. *Par quoi* les remplacer (substitution) ?
7. *Pourquoi* continue-t-on de les porter (stabilité) ?

Tout travail de recherche cherche à se positionner vis-à-vis de la littérature existante pour justifier une certaine plus-value des idées proposées, soit dans une perspective de continuité (compléter, améliorer) soit dans une perspective de rupture (substituer). Dans les deux cas, le discours se focalise généralement sur les points (5) et (6) : détecter les défauts de l'existant et proposer une amélioration ou un substitut.

Cette démarche fait souvent fi des quatre premiers points : quelle est la nature des lunettes, qui les a construit, comment et dans quel but ? Ce sont pourtant ces questions qui expliquent en quoi elles sont, dans un certain contexte, inadaptées. Curieusement, le point (7) attire peu l'attention alors qu'il synthétise les cinq premiers points et conditionne le succès du remplaçant (6). Ce travail de thèse s'est d'abord focalisé sur les points (5) et (6), il s'est redirigé progressivement vers les points (1), (2), (3) et (4) pour finalement faire du point (7) le fil rouge de l'ensemble.

Le premier ouvrage qui annonce dans son titre un discours constructionniste est celui de Peter Berger et Thomas Luckmann, *The social construction of reality* (1991, 1966). Le titre et le sous-titre du livre, « Traité de sociologie de la connaissance », ont pu induire en erreur : il ne s'agit en rien d'un essai de sociologie des sciences, mais plutôt un examen de la construction de la *réalité quotidienne* à travers des rapports sociaux et des objets matériels. Cet ouvrage fondateur a été cité de façon récurrente par nombre de travaux de philosophie, d'histoire et de sociologie des sciences qui ont déclenché de violentes controverses vis-à-vis du statut de la production scientifique.

Ces controverses, esquissées dans la section suivante, émanent selon Hacking d'une confusion entre trois choses qui peuvent faire d'objet d'un discours constructionniste : les *objets*, les *idées* et les *mots-ascenseurs*¹⁰. Laissant de côté la question des mots-ascenseurs, la distinction entre objet et idée désamorce nombre de malentendus et permet de structurer le contenu de cette thèse. Les objets « sont dans le monde » : des gens, des pratiques, des objets matériels. Les idées sont des concepts, des croyances, des théories mais aussi des regroupements et des classifications d'objets.

Suivant cette distinction objet-idée, le discours constructionniste devrait toujours spécifier ce à quoi il s'applique. Un discours sur le genre par exemple peut se référer à deux choses distinctes : « l'idée d'êtres humains genrés (une idée) et les êtres humains genrés eux-mêmes (les gens). » Selon Hacking, l'intérêt des études de genre et des discours constructionnistes en général n'est pas d'examiner l'une ou l'autre de ces constructions, mais précisément d'examiner les interactions entre les deux.

La thèse suit cette piste, la distinction entre idée et objet et l'étude des interactions entre les deux structurent l'ensemble de son contenu. L'objet *mobilité quotidienne* est constitué de pratiques effectives. L'idée *mobilité quotidienne* est définie temporairement comme le regroupement de certaines pratiques sous l'étiquette de *mobilité quotidienne*. Construire cette idée, c'est délimiter quelque chose dans les pratiques des gens, l'appeler « mobilité

10. Hacking définit les mots-ascenseurs comme ceux qui opèrent une élévation sémantique, qui élèvent le niveau du discours : vérité, réalité, connaissance.

quotidienne » et l'étudier comme un ensemble cohérent avec des concepts et des dispositifs spécialement prévus à cet effet.

La première partie de la thèse s'intéresse à la construction de l'idée *mobilité quotidienne*, les deuxième et troisième parties s'intéressent à deux sortes d'interaction entre l'idée et l'objet. La deuxième partie examine comment l'objet *mobilité quotidienne* résiste à sa « mise en idée », la troisième examine comment la « mise en idée » de la *mobilité quotidienne* a eu un effet sur l'objet, c'est-à-dire sur les pratiques de *mobilité quotidienne* elles-mêmes.

1.1.2 Faire le lien entre rapports sociaux et critères d'objectivité

En 1996, Alan Sokal publie dans une revue de *cultural studies* un pastiche d'article défendant l'idée que la théorie quantique est une construction sociale et linguistique (Sokal 1996), idée qu'il généralise à toute connaissance scientifique à grand renfort de guillemets autour des mots-ascenseurs de Hacking (réalité, connaissance, objectivité) : « scientific “knowledge”, far from being objective, reflects and encodes the dominant ideologies and power relations of the culture that produced it. » Il publie en même temps un article dans *Lingua Franca* qui dévoile le canular et attaque tout ce qui ressemble de près ou de loin à des « ... studies » (*cultural studies*, *science studies*).

Cet article marque le début d'une « guerre des sciences » qui fait couler beaucoup d'encre à la fin des années 1990 et que l'ouvrage de Ian Hacking a tenté de désamorcer. Cette guerre des sciences commence pourtant bien avant, dès le début des années 1960 avec la publication de l'ouvrage de Kuhn (1983, 1962), *La structure des révolutions scientifiques*. Kuhn est immédiatement critiqué par les philosophes des sciences de tradition popérienne et taxé de relativiste. Il est pour eux inacceptable de considérer la production de connaissances scientifiques comme le fruit d'un consensus social et non de critères d'objectivité.

Vingt ans plus tard, Latour et Woolgar (1979) prennent pour objet la « science en train de se faire » et posent la question des processus d'objectivation scientifique. Comme pour l'ouvrage de Kuhn une violente controverse éclate : l'étude des conditions de production des connaissances scientifiques sera comprise par nombre de scientifiques comme une remise en cause du produit de l'activité scientifique. De la même façon, la controverse oppose ceux qui voient la production scientifique comme une sorte de parthénogénèse, un corpus de connaissances qui se reproduit de lui-même sur des critères internes à la discipline scientifique considérée (Bourdieu 1997), et ceux qui mettent en évidence les facteurs externes, politiques et sociaux, qui participent à cette production.

Les deux perspectives qui s'opposent sont dites « internaliste » et « externaliste » (Hacking 1991, p.191) : « external history is a matter of politics, economics, the funding of institutes, the circulation of journals, and all the social circumstances that are exterior

to knowledge itself. Internal history is the history of individual items of knowledge, conjectures, experiments, refutations, perhaps. »

Cette opposition en recoupe au moins deux autres : d'abord, les histoires sont dites internaliste et externaliste par rapport à leur contenu mais il se trouve que ces qualificatifs sont souvent applicables à leur mode de production. Ainsi l'histoire internaliste d'une discipline est souvent produite par des spécialistes de la discipline alors que l'histoire externaliste est souvent produite par des chercheurs extérieurs à la discipline ([Desrosières 1993](#)). C'est une situation récurrente mais pas nécessaire, il y a ainsi quelques exemples d'histoire externaliste produite par des chercheurs appartenant à la discipline étudiée, le plus notable étant celui de Thomas Kuhn.

Ensuite, l'opposition entre histoires internaliste et externaliste recoupe souvent l'opposition entre réalisme et nominalisme. Ces deux termes renvoient à une controverse théologique médiévale, dont les arguments éclairent les controverses contemporaines autour de la guerre des sciences. Malgré les risques que comporte un transfert de concepts entre des contextes très éloignés, Desrosières utilise l'opposition réalisme-nominalisme ainsi qu'Hacking. Le point de vue réaliste considère que « les faits sont là, ordonnés à leur manière, indépendamment de celle dont nous les décrivons », c'est selon Hacking le point de vue de nombreux scientifiques qui croient que « le monde vient à l'existence avec une structure inhérente qu'il est de leur tâche de découvrir » ([Hacking 2001](#), p.119). Le point de vue nominaliste considère que tous les regroupements et les modèles de la réalité n'existent que dans nos représentations, il s'agit d'artefacts utiles mais qui ne reposent pas sur l'existence d'une structure inhérente du monde, préalable aux représentations humaines.

« We have no good account of the relationship between external and internal history » ([Hacking 1991](#), p.191) : Hacking constate l'absence de travaux faisant le liens entre les deux perspectives, internaliste et externaliste, et se positionne dans cet interstice, de même que Desrosières qui fait « le pari d'un programme dépassant la séparation entre histoires “interne” et “externe” » ([Desrosières 1993](#), p.13). La notion de *champ* développée par Pierre Bourdieu remplit une fonction similaire, le champ (artistique, juridique, scientifique) étant défini comme un « univers intermédiaire » entre le contenu d'une production culturelle (ici scientifique) et le contexte social de cette production ([Bourdieu 1997](#)).

Bourdieu disqualifie bien sûr les histoires *internalistes* et *réalistes* les plus naïves, qui tendent à se focaliser sur le contenu conceptuel d'un champ scientifique en ne laissant aucune place aux rapports sociaux qui façonnent ce champ. Il a aussi beaucoup critiqué les travaux de sociologie des sciences les plus extrêmes, le « programme fort » des sociologues d'Édimbourg, qui considèrent le contenu d'un champ scientifique comme un discours parmi d'autres traduisant exclusivement des rapports de force. Cependant, il s'est focalisé sur le contenu conceptuel et sur les rapports sociaux qui constituent un champ scientifique et a accordé bien peu de place aux objets et dispositifs techniques. La même remarque peut-être faite concernant la « structure des révolutions scientifiques » de Kuhn.

Le travail présenté suit la piste amorcée par Hacking et surtout par Desrosières, il cherche à rendre compte à la fois des rapports sociaux et des critères d’objectivité dans la constitution d’un corps de connaissances sur la *mobilité quotidienne*. Il accorde également une place importante aux dispositifs techniques, dans une démarche mise en place dans ce chapitre et déployée tout au long de la thèse.

1.1.3 Repenser les objets et les dispositifs techniques

Plusieurs disciplines et sous-disciplines apportent un éclairage sur le rôle des objets et dispositifs techniques et leur rapport avec les individus et les concepts qui opèrent dans un champ : la sociologie des sciences (Latour et Woolgar 1979, Latour 1991; 2006), l’anthropologie des techniques (Lemonnier 1983, Akrich 1987, Sigaut 1987) et les sciences de gouvernement (Ihl *et al.* 2003, Lascoumes et Le Galès 2004).

Je propose ici un jeu de trois définitions à partir de ces travaux puis je dégage un ensemble d’énoncés caractérisant les termes définis (cf. Figure 1.2). Il convient d’abord de définir précisément ce qui se cache derrière les *choses* de Desrosières ou de Latour, les *objets* utilisés par Akrich, Desrosières ou Latour, les *boîtes noires* de Latour, les *instruments* de Lascoumes et Le Galès, et enfin les *dispositifs* utilisés par plusieurs de ces auteurs.

Dans cette thèse, les *objets matériels* sont les *objets* définis par Hacking (cf. Section 1.1.1), « ils sont dans le monde » et peuvent être animés ou inanimés : des gens, des pratiques, des pierres. Ces objets matériels peuvent être *humains* ou *non humains*. Les objets non humains qui remplissent une fonction dans les pratiques humaines sont les *objets techniques* de l’anthropologie (Levi-Strauss, Lemonnier, Akrich).

Les *objets conceptuels* sont les *idées* de Hacking (cf. Section 1.1.1) mais dans une acception plus stricte : ce sont des regroupements et des classifications d’objets matériels ou conceptuels. Un ménage par exemple est un objet conceptuel commun à grand nombre d’enquêtes : c’est un regroupement d’individus selon un critère d’unité (unité de logement). L’objet conceptuel est le produit d’un travail de discrétisation ou d’agrégation suivi d’un travail de réification (étymologiquement « chosification »). Ces objets sont dotés de propriétés dont certaines participent à la définition même de l’objet. Desrosières utilise souvent le terme « objet » sans jamais en donner de définition formelle, son contexte d’utilisation (objets statistiques) suggère qu’il s’agit toujours d’objets conceptuels tels que définis ici.

Les *dispositifs techniques* sont des assemblages d’objets matériels et d’objets conceptuels et éventuellement d’autres dispositifs. Ils se caractérisent par une forme (configuration de l’assemblage), un fonctionnement (relations fonctionnelles entre les choses assemblées) et une fonction (but de l’assemblage). Cette définition est à la fois plus stricte et plus

opérationnelle que celle de [Agamben \(2007\)](#)¹¹. L'*instrument* de Lascoumes et Le Galès (2004), une loi ou un impôt par exemple, est un certain type de dispositif technique¹². Le *nouvel objet* et la *boîte noire* de Latour sont à cheval sur les catégories *objets matériels*, *objets conceptuels* et *dispositifs techniques*, il s'agit d'objets ou d'assemblages d'objets dont l'usage s'est stabilisé et dont on ne se soucie plus du fonctionnement.

Objets matériels, objets conceptuels et dispositifs techniques sont des « choses ». Ce terme, employé fréquemment par Desrosières et par Latour, est difficile à définir autrement que par tautologie : une chose est le produit d'un travail de réification, produit doté d'une unité et de propriétés.

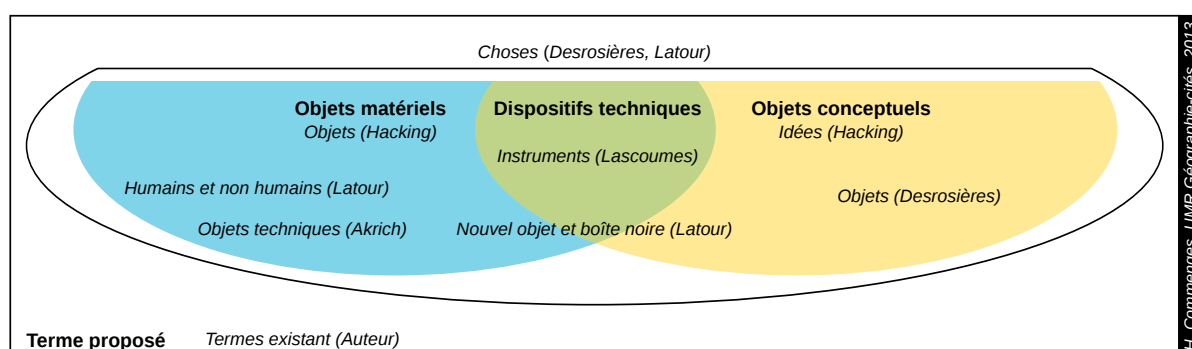


Fig 1.2 – Objets matériels, objets conceptuels et dispositifs techniques

À partir des travaux déjà cités en sociologie des sciences, socio-histoire de la statistique, anthropologie des techniques et sciences de gouvernement (Kuhn, Hacking, Desrosières, Bourdieu, Lascoumes et Le Galès), je dégage un ensemble d'énoncés qui résument le positionnement de la thèse face aux objets. La réunion de tous ces auteurs est nécessaire pour faire émerger des propositions utiles pour le développement de la thèse, cependant elle ne doit pas faire oublier les différences d'approches, voire les conflits ouverts¹³.

11. « J'appelle dispositif tout ce qui a, d'une manière ou d'une autre, la capacité de capturer, d'orienter, de déterminer, d'intercepter, de modeler, de contrôler et d'assurer les gestes, les conduites, les opinions et les discours des êtres vivants » ([Agamben 2007](#), p.31).

12. « Un instrument d'action publique constitue un dispositif à la fois technique et social qui organise des rapports sociaux spécifiques entre la puissance publique et ses destinataires en fonction des représentations et des significations dont il est porteur » ([Lascoumes et Le Galès 2004](#), p.13).

13. Entre Bourdieu et Latour notamment. Bourdieu occupe une place à part dans le groupe d'auteurs cités, ses réflexions sur le champ scientifique sont précieuses mais il parle très peu des objets dont il est question ici. Hacking, Desrosières, Thévenot, Boltanski, Latour, Akrich forment un ensemble assez cohérent, ils se citent fréquemment les uns les autres et ont des publications communes. Les sciences de gouvernement (Ihl, Lascoumes, Le Galès) s'appuient sur le groupe d'auteurs pré-cités mais elles sont plus récentes et plus spécifiques dans leur objet de recherche.

(1) *Les dispositifs et les objets agissent*

La question des liens entre les individus, les concepts et les objets constitue la base de la sociologie de Latour ou théorie de l'acteur-réseau (*actor-network theory*). Cette approche donne aux objets un statut très particulier, elle considère que le *fait* scientifique émane d'un réseau de relations entre humains et non-humains, qui ne présuppose aucune prévalence de l'un sur l'autre. Cette mise en équivalence de l'humain et du non-humain désamorce la conception réaliste qui fait des objets techniques des éléments exogènes et soumis aux *acteurs* humains. Les objets sont des *actants*, ils agissent dans un réseau de relations que la sociologie décrit.

Sur un autre registre, les travaux en sciences du gouvernement mènent à une proposition similaire concernant les *instruments*. Ces politologues défendent l'idée que les *instruments* ne sont pas de simples leviers au service de l'action publique, mais qu'ils contribuent à structurer le contenu de cette action et en façonner les contours : les instruments ont des « effets spécifiques indépendants des objectifs affichés et ils structurent l'action publique selon leur propre logique » (Lascoumes et Le Galès 2004, p.8).

Enfin, les travaux de socio-histoire de la statistique appliquent cette idée à des *objets* et à des *dispositifs* statistiques. Ceux-ci participent pleinement à la conceptualisation du phénomène étudié et ne doivent pas être considérés comme des instruments exogènes qui interviennent seulement *a posteriori* pour saisir un phénomène pré-conceptualisé. Il y a bien un processus de *co-construction* entre les phénomènes et les dispositifs qui permettent de les appréhender (Desrosières 2003b, Didier 2009). Hacking a aussi montré à de nombreuses reprises comment les catégories (objets conceptuels) « façonnent les gens » (Hacking 2005).

(2) *Les dispositifs et les objets sont le produit d'une stabilisation*

Kuhn (1983) distingue deux phases dans le développement d'un champ scientifique, la science normale et la révolution. La science normale est la configuration dans laquelle la majorité des acteurs s'accordent sur un paradigme comprenant des éléments théoriques et des objets techniques. Les activités scientifiques se développent sur la base d'un consensus, qui est périodiquement remis en question donnant lieu à des révolutions scientifiques.

La théorie de l'acteur-réseau décrit la fabrication d'un fait en termes de stabilisation et de consensus. Quand l'acteur-réseau, c'est-à-dire l'ensemble des relations entre les acteurs, les concepts et les objets techniques, entre dans une phase de déséquilibre, les faits stabilisés sont remis en cause.

La convention et la stabilité sont également centrales dans les travaux de socio-histoire de la statistique : « la rationalité d'une décision, qu'elle soit individuelle ou collective, est liée à sa capacité à prendre appui sur des choses dotées de sens stable (Desrosières

1993, p.13). Dans ce cadre d'analyse, les objets sont le résultat de *mises en forme* : « c'est l'investissement de forme réalisé dans le passé qui conditionne la solidité, la durée et l'espace de validité des objets » (p.19). Plus les conventions sont solidement établies, plus les objets qu'elles créent sont stables.

(3) *Les dispositifs et les objets font système*

Considérer les objets techniques dans un ensemble est un impératif ancien de l'anthropologie des techniques. Marcel Mauss (1947) affirme ainsi : « l'ensemble des techniques forme des industries et des métiers. L'ensemble : techniques, industries et métiers, forme le système technique d'une société. » Claude Lévi-Strauss (1973) formule un énoncé similaire : « même les techniques les plus simples d'une quelconque société primitive revêtent le caractère d'un système, analysable dans les termes d'un système plus général » (auteurs cités par Lemonnier 1983, p.11).

L'idée d'assemblage d'objets distincts et interdépendants est également centrale dans la socio-histoire de la statistique de Desrosières et d'autres auteurs à sa suite comme Didier (2009). Il s'agit de « faire des choses qui tiennent » (Desrosières 1989), « faire tenir ensemble des choses distinctes » (Desrosières 1993, p.13).

En déroulant les trois énoncés ci-dessus, on peut dégager deux sous-énoncés qui ont pour le moment le statut d'hypothèses : (4) *les objets circulent par paquets*, conséquence de l'énoncé (3). Si les objets et les dispositifs techniques font système, un objet ne peut pas être facilement isolé pour circuler dépouillé des autres objets avec lesquels il est associé. Et (5) *plus les relations entre objets sont intriquées plus ces derniers se stabilisent*. Ces deux hypothèses seront développées et mises à l'épreuve dans le Chapitre 3.

1.2 L'existence de la socio-économie des transports

« Je n'écris pas des romans pour les vendre, mais pour obtenir une unité dans ma vie ; l'écriture est pour moi une colonne vertébrale. »

MICHEL BUTOR, 1964

La phrase de Michel Butor introduit deux idées développées dans cette section concernant la fonction des objets et des dispositifs. D'une part, la fonction d'une action n'est pas tant à rechercher dans son produit (le livre) que dans l'action elle-même (l'écriture). D'autre part, à la différence du produit fini, l'action engage toujours des relations et, en cela, fabrique de l'unité. Ces deux idées sont précisées successivement : la fonction des dispositifs techniques, puis l'unité du domaine de la socio-économie des transports.

Montrer l'existence de la socio-économie des transports et examiner sa nature est un préalable nécessaire pour poursuivre le fil de la thèse. C'est seulement une fois ce travail

réalisé qu'il sera possible d'envisager le rôle de ce domaine dans l'invention de la *mobilité quotidienne*. Il est également nécessaire de montrer que ce domaine a une certaine unité. En effet, il y a « invention » seulement s'il est possible de dire assez précisément où, quand, comment et par qui l'idée de *mobilité quotidienne* a été inventée.

1.2.1 La fonction des dispositifs techniques

Kuhn s'est interrogé sur la fonction de la mesure dans les sciences physiques (1961, p.161) : « because physical science is so often seen as the paradigm of sound knowledge and because quantitative techniques seem to provide an essential clue to its succes, the question how measurement has actually functioned [...] in physical science arouses more than its natural and intrinsic interest. » On peut lire dans cette phrase la distinction entre fonctionnement et fonction établie précédemment ¹⁴. Le fonctionnement de la mesure en sciences physiques est traité par les écrits techniques et les histoires internalistes. La fonction de la mesure est traitée par les histoires externalistes de la physique, dont le seul précédent à l'époque où Kuhn écrit ces lignes se trouve dans les travaux de Gaston Bachelard (1934).

Il sera fréquemment question dans la suite de la thèse de dispositifs visant à « quantifier » et à « mesurer », deux précisions sont nécessaires concernant le sens que recouvrent ces verbes. En premier lieu, ils renvoient à deux idées distinctes : quantifier signifie « exprimer et faire exister sous une forme numérique ce qui, auparavant, était exprimé par des mots et non par des nombres ». En revanche, mesurer « implique que quelque chose existe déjà sous une forme mesurable selon une métrologie réaliste, comme une grandeur physique » (Desrosières 2012, p.267), ce qui est rarement le cas en sciences sociales. La quantification inclut donc un double travail : *convenir*, c'est-à-dire s'accorder sur la définition d'objets conceptuels ; puis *mesurer* les objets ainsi définis, les exprimer sous forme numérique. Une partie de ce travail de thèse vise précisément à faire apparaître la mise en place des conventions, préalable nécessaire à la mesure rarement étudié en tant que tel.

En second lieu, la mise en place de conventions ne s'arrête pas à la définition d'objets, elle est également à l'œuvre dans la méthode de mesure elle-même : « la pratique statistique bourgeoise repose sur la théorie bourgeoise de la statistique, qui est liée de manière organique à tout le système de l'économie politique et de la philosophie bourgeoise. » Cette phrase tirée d'un manuel de statistique soviétique de 1936 (Mespoulet 2006, p.4) peut sembler décrépite, mais elle met en évidence un fait rarement mentionné : les conventions interviennent y compris dans les méthodes de mesure. McKenzie (1981) a ainsi fait le lien entre les méthodes développées par les statisticiens britanniques Galton, Pearson et Fisher et leur idéologie eugéniste. Les méthodes, telle que la régression linéaire, s'inscrivent dans cette visée, le vocabulaire en a été transformé *standard error* devenant *standard deviation* et *law of error* devenant *normal distribution*.

14. Même si la proposition citée est ambivalente du fait que le verbe anglais *to function* englobe les deux sens « fonctionner » et « servir à ».

Une fois ces précautions posées, il faut revenir à la question que Kuhn adresse aux sciences physiques et la transposer dans le champ de la socio-économie des transports. En effet, ce champ semble tenir son efficacité de trois dispositifs principaux (cf. Section 2) qui quantifient : un dispositif d'enquête qui quantifie les déplacements présents, un dispositif de modélisation qui quantifie les déplacements futurs et un dispositif d'évaluation économique qui quantifie des coûts et des bénéfices. La quantification joue donc un rôle central dans ces trois dispositifs, son fonctionnement est très documenté mais sa fonction l'est assez peu.

Il est pourtant crucial de s'interroger sur la fonction de ces dispositifs techniques. L'extrait de l'entretien avec Alain Bieber¹⁵ permet de poser les termes de cette interrogation :

Quel rôle jouaient les études de transport, et plus particulièrement des modèles, dans la prise de décision ?

Les gens qui avaient la responsabilité de ces études faisaient de très beaux documents (... silence) qui jouaient leur rôle (... silence) qu'est-ce que vous voulez que je vous dise ? Quand j'étais au Plan, j'ai assisté à des réunions très politiques, et là j'ai vu que ça ne se passait pas comme pense le technicien.

Avec le recul on peut dire que rien de tout ça n'a vraiment marché, n'a vraiment changé le monde. C'était intéressant, mais ce n'étaient que des tentatives intellectuelles. Les gens qui ont fait des modèles à quatre étapes ont pensé qu'ils détenaient un outil puissant, et puis l'époque étaient très favorable puisque c'était aussi l'époque de développement de l'informatique.

Est-ce que ce n'était pas quand même mieux que rien ?

Oui bien sûr, mon scepticisme est un scepticisme de nature épistémologique. Je dis seulement qu'il ne faut pas se faire trop d'illusion. On n'est pas réellement dans ce qui s'est passé si on pense que ça a été une doctrine suffisamment puissante pour emporter tout le temps et partout la décision. C'était une doctrine qui permettait d'éviter certaines erreurs, et qui permettaient de cadrer et de bien présenter les projets.

Entretien avec Alain Bieber, 9 mai 2011.

Comment donc ces dispositifs techniques (enquête, modèle, évaluation économique) ont pu se maintenir pendant plus d'un demi-siècle, alors que leur seule utilité semble être, d'après cet entretien, de produire de « beaux documents » et éventuellement d'éviter quelques erreurs ? On comprend bien que ces dispositifs tiennent leur stabilité d'autre chose : d'une part des *mécanismes de stabilité* propres, qui seront précisés dans le Chapitre 3, d'autre part des *fonctions spécifiques*, c'est-à-dire des fonctions particulières à certains acteurs impliqués dans la connaissance et la planification des transports, fonctions qui font l'objet de la présente section.

15. Les entretiens sont présentés dans la Section 1.3.

Le premier qui s'intéresse à cette question est Gabriel Dupuy (1975), qui décrit les modèles de trafic comme « technique de planification au service de l'automobile ». Ces modèles y sont décrits comme « moyen d'adaptation des villes à l'automobile ». S'appuyant sur les écrits d'Habermas, il présente « les modèles de trafic en tant que technique, avant d'aborder la question de leur caractère scientifique puis de leur fonction idéologique » (Dupuy 1975, p.154).

Deux niveaux peuvent être distingués : (1) la fonction de la quantification au sein des modèles de trafic et (2) la fonction des modèles de trafic eux-mêmes. Concernant le niveau (1), Dupuy affirme que la quantification a « un avantage à usage externe », elle ne prête pas à discussion, elle fait autorité : « la forme quantitative des modèles est garante de sa neutralité idéologique et politique » (pp.160-169). Concernant le niveau (2), selon lui, les modèles « légitiment l'action planificatrice de l'appareil d'État » par le truchement du corps des Ponts et Chaussées. Le mode de légitimation consiste à présenter cette action comme scientifique, appliquée au transport urbain et orientée par l'intérêt général alors qu'elle est en fait technique, appliquée à la circulation des véhicules automobiles et orientée vers la reproduction élargie du système économique route-automobile (p.169).

Dupuy distingue ensuite l'appropriation de cet outil de légitimation par deux acteurs clefs de la planification : l'État et le corps des Ponts. Les dispositifs techniques, chez lui il s'agit surtout des modèles de trafic, ont été utilisés par le corps des Ponts comme gage de technicité pour se faire une place sur la scène de l'aménagement urbain et évincer d'autres disciplines qui en avaient fait ou auraient pu en faire leur fond de commerce (Thoenig 1987). Cette stratégie affecte tout particulièrement la géographie puisque, dans les années 1960, elle est prise dans une période de malaise autour de la pertinence voire de l'existence d'une « géographie appliquée » (Robic 1996, Orain 2003).

Ensuite, les modèles de trafic revêtent une fonction dans les rapports entre le pouvoir central et les pouvoirs locaux, ils serviraient à « légitimer une intervention planificatrice systématique de l'appareil d'État au niveau local » (p.175). Le système décisionnel a largement évolué, en particulier après les lois de décentralisation de 1982-1983, et les technocrates attitrés font progressivement place à de « nouveaux technocrates » (Offner 1987b). L'État et le corps des Ponts continuent cependant de jouer un rôle important grâce à la maîtrise des dispositifs entretenue par le réseau technique du ministère de l'Équipement (CERTU, CETE, SETRA).

Le travail réalisé par Dupuy dévoile ainsi une fonction cruciale des dispositifs techniques, fonction qui explique en partie leur stabilité dans le temps. Cependant, il se concentre sur la fonction du produit des modèles de trafic et passe à côté d'un fait mentionné par de nombreux acteurs de l'époque, qui tient à la fonction du processus de modélisation et de planification. Ainsi Pierre Massé affirme à propos des travaux du Commissariat Général du Plan que « il importe peut-être davantage de faire un plan que d'avoir un plan » (cité par Nizard 1972). Jean Fourastié observe à propos de la planification économique que « ce n'est pas le résultat chiffré de la réflexion qui compte, c'est la réflexion, elle-même.

L'efficacité du Plan provient essentiellement du fait qu'il oblige les hommes à l'étude et à la réflexion sur l'avenir » (Fourastié et Courthéoux 1963, p.63).

Plusieurs entretiens réalisés dans le cadre de la thèse (présentés dans la section suivante) font écho à ces réflexions. Sur cette base, je propose l'hypothèse, qui s'ajoute aux conclusions de Dupuy, que les dispositifs techniques ont eu une fonction qui rappelle ce que J.-M. Offner a désigné sous le nom d'évaluation et d'efficacité *procédurale*. Lors de travaux anciens sur l'évaluation (Offner 1987a) et plus récents sur la mise en place de Plan de Déplacements Urbains (PDU) (Offner 2006a), l'auteur a mis en évidence une *efficacité procédurale* des PDU qui tient à la réunion d'acteurs sociaux pour qu'ils négocient dans le cadre d'une procédure d'évaluation sur laquelle ils s'accordent (Offner 1987a). L'efficacité procédurale des PDU conduit à la diffusion et à la consolidation d'une réflexion et d'une culture sur la mobilité urbaine¹⁶. Les dispositifs techniques dont il est question ici ne sont pas des « procédures » comparables aux PDU mais ils remplissent une fonction proche de cette efficacité procédurale mise en avant par Offner. Leur fonction ne serait pas tant dans leur produit (quantification des déplacements présents ou futurs) que dans les réseaux d'acteurs qu'ils agrègent.

Je soutiens que ces dispositifs techniques agissent pour la socio-économie des transports de la même façon que les revues et les colloques agissent pour un champ scientifique donné. Selon Bourdieu (1992b, p.152), « un champ scientifique authentique est un espace où les chercheurs s'accordent sur les terrains de désaccord. » Or les lieux qui sont investis par ces accords et ces désaccords sont précisément les revues et les colloques. Ils remplissent donc une fonction de diffusion des connaissances spécifiques au champ, mais ils remplissent également une fonction, distincte de la première, de cristallisation des rapports sociaux à l'intérieur du champ. Ils sont en cela des *faiseurs de champ*. Certains auteurs ont étudié les cultures et les variations des champs disciplinaires en termes de « tribus » et de « territoires » (Becher 1981, Becher et Trowler 2001), mettant en avant la fabrique des frontières disciplinaires par des différenciations de pratiques et de langages et par la création et l'appropriation de lieux d'expression tels que les revues et les colloques.

Les dispositifs techniques, assemblages d'objets conceptuels et de présupposés plus ou moins théorisés, cristallisent les controverses et véhiculent un langage spécifique. En cela, ils sont des *faiseurs de champ*, ce qui a deux implications importantes. D'une part, cette fonction des dispositifs techniques participe à l'explication de leur stabilité. D'autre part, si les dispositifs techniques remplissent effectivement cette fonction, il faudra nécessairement les invoquer dans le travail de délimitation et de qualification d'un champ de la socio-économie des transport.

16. La thèse de Nicolas Louvet (2005) apporte des éclairages sur ce point et cite les entretiens avec des acteurs réunis au sein de la procédure PDU (entretiens réalisés dans le cadre du projet OP4-Observatoire des Processus Politiques de Production des PDU) : « le PDU c'est l'occasion de faire rencontrer les différents acteurs, décideurs et représentants d'usagers sur un problème de déplacements » ; « avant d'être une solution le PDU est une communication visant à faire prendre conscience des difficultés locales » ; « c'est la première fois que l'on arrive à rassembler tout le monde pour parler du même projet » (cité p.62).

1.2.2 La nature de la socio-économie des transports

Les remarques précédentes sont mobilisées ici pour montrer l'existence de la socio-économie des transports et examiner sa nature. Comme annoncé dans l'introduction, il s'agit d'un préalable nécessaire pour poursuivre le fil de la thèse. Cette section propose donc un essai de délimitation et de qualification de la socio-économie des transports dont il est question tout au long de la thèse. Ce travail peut être scindé en plusieurs sous-tâches : délimiter les contours disciplinaires, temporel et spatial de la socio-économie des transports, qualifier le contenant ainsi défini, qualifier le contenu produit en son sein.

Ces trois exercices conditionnent la pertinence et le contenu de la suite de la thèse. Il s'agit en particulier de savoir si la socio-économie des transports peut être constituée en objet de recherche et quel nom lui donner. Plusieurs travaux s'intéressent à l'histoire de la socio-économie des transports, mais très rares sont ceux qui posent explicitement la question de sa nature. Les deux seuls travaux recensés sont l'intervention de J.-M. Offner lors du Colloque « Villes et Transports » [Offner \(1994\)](#) et un rapport plus récent rédigé par P. Zembri ([2005](#)). Il y a donc peu de précédents et les réflexions suivantes s'inspirent donc également d'un domaine proche, documenté dans l'ouvrage dirigé par Michel Amiot ([1986](#)) ainsi que dans la thèse de Pierre Lassave ([1997](#)) : la recherche urbaine. L'approche développée par Lassave est riche d'enseignements pour cette thèse : elle s'interroge sur l'existence d'un présumé *champ* de la recherche urbaine ; elle s'appuie sur des entretiens avec des acteurs de ce champ ; son objet, la recherche urbaine, présente de nombreux points communs avec la socio-économie des transports.

Concernant la délimitation du champ, quelques constats doivent être posés comme préalable à un examen plus détaillé. La nature de la socio-économie des transports est difficile à cerner, à tel point que la question est posée de savoir s'il s'agit d'un champ scientifique ou d'un domaine administratif ([Offner 1994](#)). Le cadre spatial n'est pas aisé à définir. Ce domaine s'est forgé par une circulation des objets et des dispositifs entre les États-Unis et les pays d'Europe occidentale, il faudra donc faire état de cette circulation. Ceci dit, il s'est constitué en France selon des modalités particulières qui justifient le fait de se focaliser sur le cadre spatial français. Il faut d'ores et déjà noter que le terme « socio-économie » est propre à la France, dans les autres pays il n'est question que d'« économie » des transports. Ses limites temporelles sont également discutables : à strictement parler, l'existence institutionnelle de ce champ se limite aux années 1970, période durant laquelle il fait l'objet d'une Action Thématique Programmée (ATP). Cependant il prend ses sources dans les années 1960 et se transforme plutôt qu'il ne disparaît dans les années 1980.

Les contours du champ sont examinés plus en détail en suivant deux entrées : l'entrée par l'expertise et l'entrée par les dispositifs techniques.

L'expertise, selon [Roqueplo \(1997\)](#), se définit par « l'expression d'une connaissance formulée à la demande de ceux qui ont une décision à prendre et en sachant que cette réponse est destinée à être intégrée au processus de décision » (p.15). Partant de cette

définition, il est déjà possible de la recouper avec la distinction entre études et recherches, distinction qui a mené durant les années 1960 à la partition de certains organismes selon ces deux branches (cf. Annexe B). À la différences des recherches, les études doivent être considérées comme une modalité de l'expertise ¹⁷.

Offner (1987b) a proposé une typologie des relations entre études et décisions dans le domaine des transports. Les études sont assorties de trois qualificatifs (p.34) : *économique* (affectation optimale des ressources), *politique* (sujette à des orientations politiques pré-établies), *idéologique* (façonnées par des postulats idéologiquement orientés). Les décisions correspondent à trois modèles : *décision élitiste* (prise par quelques individus de pouvoir), *décision pluraliste* (résultat d'une négociation entre acteurs sociaux), *décision surdéterminée* (produit des structures sociales). À partir de ces distinctions, Offner propose une typologie des relations entre études et décisions.

Étude Décision	Objective (économique)	Malléable (politique)	Orientée (idéologique)
Élitiste	Technicisme impuissant	Manipulation individualiste	—
Pluraliste	Pluralisme rationalisé	Négociation doctrinale	—
Surdéterminée	Totalitarisme positiviste	Trucage social	Totalitarisme techno-idéologique
Source : d'après Offner, 1987			

Tab 1.1 – Relations entre études et décisions

Il affirme à partir de cette typologie que, dans les années 1960, le modèle de relation dans le domaine des transports est celui du *totalitarisme positiviste*, modèle qui se transforme dans les années 1970 vers la *négociation doctrinale*. Malgré les précautions avec lesquelles il propose cette classification, elle semble opératoire et elle est cohérente avec les entretiens réalisés dans cette thèse qui distinguent une « époque où on y croyait vraiment » (Entretien avec Alain Bieber), qui correspond aux années 1960, et une époque de doute sur l'utilité des études, qui correspond aux années 1970.

Il affirme à partir de cette typologie que, dans les années 1960, le modèle de relation dans le domaine des transports est celui du *totalitarisme positiviste*, modèle qui se transforme dans les années 1970 vers la *négociation doctrinale*. Malgré les précautions avec lesquelles il propose cette classification, elle semble opératoire et elle est cohérente avec les entretiens réalisés dans cette thèse qui distinguent une « époque où on y croyait vraiment » (Entretien avec Alain Bieber), qui correspond aux années 1960, et une époque de doute sur l'utilité des études, qui correspond aux années 1970.

Un expert, selon Roqueplo (1997, p.44), produit « une connaissance aussi objectivement fondée que possible » destinée à être intégrée à un processus de décision. Deux éléments le définissent : (1) la connaissance qu'il exprime transgresse nécessairement les limites de la science dont il se réclame tout en s'appuyant sur elle, et (2) il n'est pas lui-même détenteur d'un pouvoir de décision.

La grande spécificité du cadre français des années 1960, cadre dans lequel est née la socio-économie des transports, est que l'expertise sur les transports est presque totalement internalisée par l'administration. La constitution des dispositifs techniques et leur utilisation dans les études est aux mains de l'administration : le SERC, l'INSEE

17. Les termes employés peuvent varier, Chombart de Lauwe parle par exemple de recherche *libre* et de recherche *déterminée*. Les termes diffèrent mais la distinction reste la même : dans la recherche libre le chercheur définit l'objet de sa recherche, dans la recherche déterminée l'objet est défini, totalement ou partiellement, en réponse aux besoins d'un commanditaire (Amiot 1986).

dans une moindre mesure¹⁸, le SRERP et l'IAURP dans le cas de la région parisienne. Quelques grands bureaux d'études, comme la SEMA et la SETEC, produisent aussi de l'expertise, et cette dernière alimente l'expertise internalisée dans les administrations. On retrouve la situation décrite par Roqueplo : les experts administratifs sont des ingénieurs compétents dans leur domaine, ils font parfois appel à des experts extérieurs qui ont une formation et une culture très proche de la leur¹⁹ et tous, experts internes et externes, ont tendance à « restreindre culturellement le champ de l'expertise à celui de leur propre compétence » (Roqueplo 1997, p.64).

Il n'est pas possible d'appliquer à un tel cadre la notion de *champ scientifique* développée par Bourdieu, il n'a quasiment aucun lien avec l'université, il a très peu de fondements théoriques, il est presque entièrement dédié à l'expertise (études) et laisse très peu de place à la recherche. Je l'appellerai donc un *domaine d'expertise*. Le terme « socio-économie des transports » peut être conservé : malgré une prédominance de l'économie dans ce domaine, les aspects sociaux sont introduits très tôt, au travers des organismes privés et parapublics²⁰.

La situation se transforme dans les années 1970 sous l'effet de trois facteurs principaux. D'abord, un certain essoufflement de l'idéal d'optimisation et de rationalisation des ingénieurs, idéal matérialisé par l'importance de la recherche opérationnelle dans les études de transport. Au début des années 1970, cet idéal est discuté par les ingénieurs eux-mêmes, à l'image de la conférence prononcée par J. Dreyfus (1971) qui met en avant les « écueils de la rationalisation ». Ensuite, un élargissement du « milieu d'intervention » de l'administration des transports qui d'un côté s'ouvre aux pouvoirs locaux et aux lieux d'expertises locaux (agences d'urbanisme) et de l'autre accuse l'émergence de la figure de l'usager (Offner 1987b). Enfin, une évolution de certaines disciplines universitaires, en particulier la sociologie (Amiot 1986, Lassave 1997) et la géographie (Robic 1996, Orain 2003), qui se rendent prêtes à jouer le jeu de l'expertise. C'est dans ce cadre que le *domaine d'expertise* de la socio-économie des transports se transforme :

1. Le Ministère de l'Équipement et ses différents services (services déconcentrés ou services techniques) élargissent leur aire de recrutement, en particulier à des sociologues, psycho-sociologues et géographes.
2. Le nombre d'experts externes augmente sous la forme d'universitaires qui passent des contrats avec des organismes administratifs. Ce fait est renseigné dans le cas

18. Le rôle de l'INSEE et les liens qu'il entretient avec les acteurs de la socio-économie des transports sont esquissés dans la Section 3.1.2.

19. La SEMA et la SETEC sont peuplées d'ingénieurs X-Ponts, X-Mines et d'ingénieurs civils de ces mêmes écoles.

20. Le recrutement de ces organismes est moins endogame que celui des organismes administratifs de la même époque. Les travaux réalisés au CREDOC-CERAU par G. Mercadal (économiste et sociologue) et B. Matalon (psychosociologue) en sont une illustration indéniable. Lors de l'étude de l'axe Paris-Rouen-Le Havre (CERAU 1968) ces derniers mettent en place un indicateur de « goût du voyage », indicateur à la fois économétrique et psychosociologique.

de la recherche urbaine (Amiot, Lassave), il est évident dans le cas de la socio-économie des transports qui voit apparaître des instituts, des indépendants et des petites sociétés, passant des contrats avec les administrations mentionnées plus haut.

3. Certaines disciplines universitaires (économie, sociologie, géographie) s'emparent du sujet des transports et de la mobilité, elles traduisent les demandes externes dans les termes propres à leur discipline, ce faisant elles enrichissent des controverses d'experts en controverses scientifiques en leur donnant un appui théorique.

Ces dynamiques, en particulier les dynamiques (2) et (3), sont canalisées par la mise en place en 1973 de l'Action Thématique Programmée (ATP) Socio-économie des transports. L'idée apparaît dès 1971, elle prend la forme d'un appel d'offre lancé en 1973 et confié au SAEI²¹. Entre 1973 et 1979, un grand nombre et une grande variété d'études et de recherches sont réalisées dans ce cadre.

Parmi les travaux financés, certains proposent des modèles économétriques alors que d'autres critiquent ouvertement les pratiques de modélisation en vigueur (Fichelet 1977). Sur ce point, le champ de la socio-économie des transports est tout à fait comparable à celui de la recherche urbaine qui se structure à la même époque : y cohabitent des pratiques de planification opérationnelle sur une base rationaliste avec des approches qui font de ces pratiques des instruments de pouvoir et/ou d'accumulation capitaliste (Amiot 1986, Lassave 1997).

Ce mélange d'approches est d'ailleurs propre à la France et explique le terme de « socio-économie des transports », traduit dans les autres langues par « économie des transports²². » Cet état de fait s'explique, selon certains acteurs enquêtés (Michel Frybourg, Benjamin Matalon) par le poids du marxisme au sein des sciences sociales. Les travaux financés dans le cadre de l'ATP vont donc de l'économétrie pure à la sociologie d'inspiration marxiste en passant par une préfiguration des études de genre (Coutras et Fagnani 1979). Le colloque de Royaumont est une illustration de cette grande diversité qui traverse l'ATP Socio-économie des transports (Bonnet 1978).

L'introduction de disciplines universitaires, la montée en importance des recherches très minoritaires dans les années 1960, l'enrichissement théorique : toutes ces évolutions modifient le statut de la socio-économie des transports. *Domaine d'expertise* dans les années 1960, celle-ci se constituerait alors en *champ scientifique* dans le sens bourdieusien. Elle n'abrite plus seulement des controverses entre experts, controverses largement endogames et très proches du système décisionnel. Elle abrite dès lors des controverses scientifiques, éloignées du système décisionnel, sur la pertinence des objets conceptuels

21. Service qui a pour mission de coordonner les travaux d'équipement, de développement économique et social et d'aménagement du territoire au sein du Ministère des Travaux Publics et de Transports puis du Ministère de l'Équipement. Pour plus de détails sur l'histoire de ce service, voir Mazoyer (2012).

22. Les conférences organisées durant cette période dans le cadre de la Conférence des Ministres Européens des Transports (CEMT) s'intitulent effectivement « Tables rondes d'économie des transports ».

et des dispositifs techniques et sur le statut même du savoir ; elle abrite également des alliances et des rivalités entre disciplines (Lassave 1997, p.25). C'est pourquoi certaines personnes interrogées m'ont proposé lors des entretiens une définition temporelle restrictive de la socio-économie des transports se limitant à la période de l'ATP.

Si la socio-économie des transports peut être considérée comme champ, elle n'en reste pas moins un champ très hétéronome : les problèmes et les injonctions extérieures au champ s'y expriment presque directement, c'est-à-dire avec une faible retraduction dans les termes propres au champ (Bourdieu 1997).

Une dernière question se pose avant d'utiliser ce terme de *champ* concernant l'unité de l'ensemble, question qu'adresse Olivier Orain à la « scène de l'aménagement du territoire » (Orain 2003) : s'agit-il réellement d'un champ possédant une certaine unité ou bien d'une collection d'agrégats hétérogènes (hétérogénéité des disciplines, des statuts et des intérêts) et volatiles (recompositions fréquentes des agrégats) ? Je défendrai ici la thèse de l'unité, thèse assortie d'un retour sur la fonction des dispositifs techniques. Les dispositifs techniques, assemblages d'objets conceptuels et de présupposés plus ou moins théorisés, cristallisent les controverses et véhiculent un langage spécifique. Les acteurs de la socio-économie des transports des années 1970, malgré leurs différences, ont tous en commun un certain rapport aux dispositifs techniques : soit ils les utilisent dans la continuité des travaux des années 1960 (Sztarkman *et al.* 1975), soit ils en critiquent la méthode (Poulit 1973, Koenig 1974a), soit ils proposent une approche réflexive sur ces dispositifs (Dupuy 1975), soit ils remettent en cause leurs postulats (Fichelet 1977).

Dans tous les cas, ils utilisent les objets conceptuels attachés aux dispositifs techniques : le déplacement, le ménage, la zone, le motif de transport. Même si ces auteurs ont un langage propre à leur discipline, ils partagent également un langage commun qui désignent les objets conceptuels assemblés dans les dispositifs techniques. Ce constat fait donc écho à la section précédente : la socio-économie des transports des années 1970 est un champ, fait partie du champ toute personne qui se définit dans un rapport aux dispositifs techniques de la socio-économie des transports.

Au début des années 1980 plusieurs évolutions amènent à un éclatement du champ constitué dans les années 1970. Tous les auteurs s'accordent en effet sur l'existence d'un tournant au début des années 1980, qui fixe souvent la limite initiale ou finale de leur recherche (Chatzis 2011). Trois grands facteurs marquent ce tournant : d'abord, un facteur technologique, avec le développement des moyens informatiques, en particulier les progrès dans la puissance de calcul et le développement de la micro-informatique, qui transforment la place assignée au traitement des enquêtes et à l'utilisation des modèles. Un facteur méthodologique ensuite, avec l'apparition en France des modèles désagrégés (cf. Chapitre 2). Enfin, un facteur politique et institutionnel avec la modification du système décisionnel à la suite des lois de décentralisation et la restructuration des recherches en transport autour de ses aspects technologiques (Offner 1994) dans le cadre du PRD3T (Programme de Recherche et Développement Technologique des Transports Terrestres).

Il devient difficile de déterminer la nature de ce qui naît de l'éclatement du champ. Michel Bonnet l'exprime par une métaphore :

« À mon avis il faut réserver le nom de socio-économie des transports à la période de l'ATP. Mais c'est un peu comme un tremblement de terre, il y a eu des ondes qui se sont propagées dans les années 1980 et au-delà, mais elles se sont écartées et elles ont pris d'autres formes »

Entretien avec Michel Bonnet, 9 décembre 2011.

À défaut de mieux, je qualifierai toutes les études et les recherches postérieures à l'ATP et qui entretiennent un certain rapport aux dispositifs techniques d'*ondes* de la socio-économie des transports.

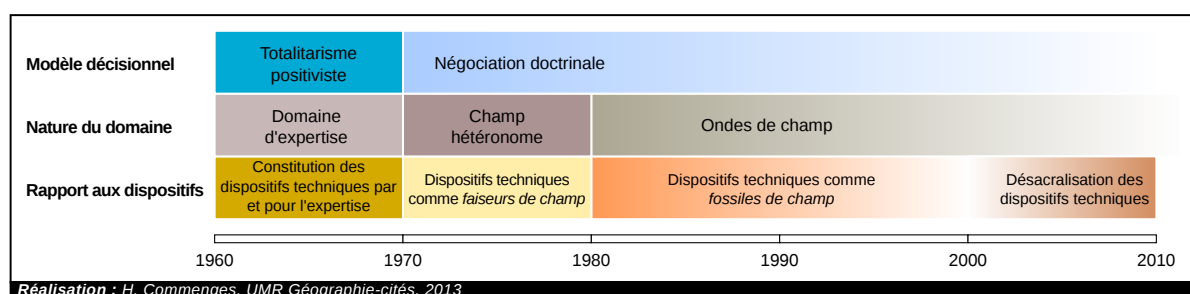


Fig 1.3 – Évolution conjointe de la socio-économie des transports et de ses dispositifs

La Figure 1.3 présente l'évolution conjointe du modèle décisionnel (typologie d'Offner), de la socio-économie des transports et de ses rapports aux dispositifs techniques. Elle met en avant la stabilité remarquable de ces dispositifs : conçus par et pour l'expertise dans les années 1960, ils cristallisent les débats dans les années 1970 et participent à la création d'un champ de la socio-économie des transports, ils survivent à l'éclatement de ce dernier dans les années 1980. Cette étonnante stabilité amène à s'intéresser très précisément à ces dispositifs : le Chapitre 2 les présente en détail en se focalisant sur les objets conceptuels qui y sont attachés ; le Chapitre 3 examine les mécanismes de stabilité qui expliquent leur maintien contre vents et marées.

1.3 La constitution d'un corpus d'archives et d'entretiens

Le rôle du matériau empirique produit et mobilisé pour cette thèse peut être compris en reprenant la distinction établie par Hacking et Desrosières entre histoire internaliste et externaliste. Les histoires internalistes, qui ne s'intéressent qu'au contenu technique et conceptuel d'un champ disciplinaire, n'ont besoin que d'un certain type d'archives et n'ont aucun besoin de s'appuyer sur des entretiens. Pour retracer l'évolution de ce contenu, il suffit de disposer d'un ensemble de documents techniques décrivant les concepts et les méthodes utilisés.

Dans une perspective externaliste, qui s'intéresse aux conditions de production d'un corps de connaissances, il faut pouvoir accéder à d'autres types de sources. Dans le cas des dispositifs techniques de la socio-économie des transports, les documents qui se focalisent sur les spécifications techniques de ces dispositifs passent sous silence le contexte institutionnel et scientifique qui a mené à faire certains choix plutôt que d'autres. Cette thèse s'appuie donc sur deux corpus *ad hoc* constitués spécialement pour la thèse : un corpus d'archives, qui ne se limite pas aux seuls « documents techniques »²³ et un corpus d'entretiens.

La thèse s'appuie également sur l'analyse et la manipulation d'un jeu de dispositifs techniques, constitué de différentes enquêtes de mobilité quotidienne. Les aspects techniques de ces dispositifs sont présentés dans l'Annexe C, les raisons de leur mobilisation dans la thèse sont détaillées au fur et à mesure de leur utilisation.

1.3.1 Description du contenu des corpus d'archives et d'entretiens

Le corpus d'archives est un ensemble de documents de littérature grise constitué de rapports d'étape, de comptes-rendus de réunion et de documents de travail, un corpus de documents non publiés, conservés dans les archives des organismes présentés plus bas. Ces documents sont couplés avec une série d'entretiens avec des acteurs historiques qui ont participé à la création et/ou à la consolidation d'un certain savoir sur les transports. Ces acteurs évoluaient dans un environnement fait de plusieurs organismes responsables des recherches, des études, de l'exploitation ou de la planification des transports. Il convient d'attirer l'attention sur l'apparition conjointe de ces organismes producteurs d'un certain type de savoir sur les transports : il s'agit soit d'organismes de nouvelle création, soit d'organismes plus anciens qui se dotent à cette époque de services d'études.

23. Les documents techniques sont définis ici comme les documents qui décrivent les spécifications techniques d'un dispositif : taille de l'échantillon ou méthode d'échantillonnage pour une enquête, calibrage des paramètres pour un modèle.

L'ensemble, archives et entretiens, constitue un corpus d'informations qui ne traite pas uniquement des aspects techniques des méthodes de la socio-économie des transports, mais qui offre un regard sur les raisons et les enjeux de ces choix techniques. Trois aspects sont précisés dans cette section : la méthode de constitution du corpus, la fonction du corpus dans la thèse et le contenu de ce corpus, méthode de constitution et fonction étant bien sûr étroitement liées.

Le contenu de ce corpus est présenté d'abord de façon purement descriptive. La réflexion sur son mode de construction et sur sa fonction vient ensuite. Il convient d'abord de présenter les organismes qui ont produit les archives recueillies et au sein desquels ont évolué les personnes interrogées. Certains organismes sont « locaux », propres à la région parisienne. Ils sont envisagés ici parce que, à la différence d'autres villes françaises, ils sont étroitement liés aux services techniques de l'État et concentrent des compétences en socio-économie des transports qu'on ne retrouve qu'en région parisienne.

Plusieurs de ces organismes émanent à l'origine de deux ministères : le Ministère de l'Urbanisme et de la Reconstruction et le Ministère des Travaux Publics et des Transports²⁴. Les deux ministères originels se distinguent sur plusieurs aspects qui expliquent en partie le positionnement des acteurs de l'urbanisme et des transports au début des années 1960 (Massardier 1996). Le Ministère des Travaux Publics et des Transports, malgré des dénominations et des attributions mouvantes, remonte au milieu du XIX^e siècle, il est tenu depuis les origines par le corps des Ponts et Chaussées (Chatzis et Ribeill 2005). Le Ministère de l'Urbanisme et de la Reconstruction est créé en 1944, il n'est pas tenu par un corps particulier et sa composition est plus hétérogène. Ces deux ministères fusionnent en 1966 dans un seul Ministère de l'Équipement piloté par le corps des Ponts et Chaussées.

Le SERC (Service d'Études et de Recherches sur la Circulation) est un organisme créé en 1955 par André Rumpler, qui est alors directeur des routes (Ministère des Travaux Publics et des Transports). C'est le premier organisme français dont l'objet d'étude est la circulation, il est dès sa naissance attaché au corps de Ponts²⁵. À la fin des années 1960, la dissociation des deux branches, études et recherches, donne naissance à deux organismes : le Service d'Études sur les Transports, les Routes et leur Aménagement (SETRA) et l'Institut de Recherche sur les Transports (IRT, puis INRETS, puis IFSTTAR).

L'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Parisienne (IAURP, puis IAURIF, puis IAU-IdF) est destiné à remplacer le Service d'Aménagement de la Région Parisienne (SARP) du Ministère de l'Urbanisme et de la Reconstruction. Le Plan d'Aménagement

24. L'Annexe B propose une frise chronologique des principaux organismes et programmes impliqués dans le développement de la socio-économie des transports.

25. Michel Frybourg raconte (Entretien, 26 avril 2011) : « *Les recensements de la circulation consistaient à avoir des points de comptage, surtout sur les routes nationales, depuis lesquels on comptait d'abord à la main puis avec des compteurs, qui étaient des tubes en caoutchouc qui marchaient à la pression. Et il faut savoir que le SERC est né d'un hangar à compteurs qui était dans la cour du LCPC [Laboratoire Central des Ponts et Chaussées]* ».

et d'Organisation de la Région Parisienne (PADOG), élaboré par le SARP en 1958 et devenu rapidement obsolète, doit être remplacé au début des années 1960 par le Schéma d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région de Paris (SDAURP). C'est dans ce cadre qu'est créé l'IAURP, sur lequel s'appuie le District de la Région Parisienne de Paul Delouvrier à partir de 1961.

Le Service Régional de l'Équipement de la Région Parisienne (SRERP) est un service qui correspond à ce qu'on nomme aujourd'hui l'administration déconcentrée de l'État. Il change de nom avec les remaniements ministériels (création du Ministère de l'Équipement en 1966) et les modifications des découpages administratifs, pour devenir la Direction Régionale de l'Équipement d'Île-de-France (DREIF) avec la création de la région Île-de-France en 1976.

Durant les années 1960, quelques grands bureaux d'études privés (SEMA, SETEC) ou parapublics (CREDOC) gravitent autour de ces organismes publics. Durant les années 1970, une constellation de petites entités, sous statut privé (société commerciale, association, coopérative) ou rattachées à l'université, s'ajoutent aux grands bureaux mentionnés (cf. Section 1.2.2).

Il faut enfin mentionner les opérateurs de transport collectif de la région parisienne : la RATP et la SNCF. La RATP se dote d'un service d'études générales en 1966 et commence à construire un modèle de prévision dès la fin des années 1960. La SNCF s'intéresse peu à la région parisienne et aux trains de banlieue, elle joue un rôle mineur dans cette histoire. Le Syndicat des Transports Parisiens (STP, puis STIF) joue lui aussi un rôle mineur à l'époque qui nous intéresse.

Trois principaux centres d'archives ont été mobilisés : les archives du SETRA, celles de l'IAURP et celles du CRDD. Les archives du SETRA regroupent les documents produits par le SERC avant la scission SETRA-IRT, puis par le SETRA lui-même. S'y trouvent également les documents produits par les agences locales du SERC qui deviennent par la suite les Centres d'Études Techniques de l'Équipement (CETE). Les archives de l'IAURP contiennent non seulement les documents émanant de cet institut, mais aussi toute la correspondance et le suivi des groupes de travail impliquant en particulier le SRERP-DREIF, la RATP, la SNCF et les bureaux d'études. Le CRDD, centre de documentation du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, regroupe un ensemble très important de documents des ministères dont il est issu : le Ministère de l'Urbanisme et de la Reconstruction et le Ministère des Travaux Publics et des Transports, puis le Ministère de l'Équipement. Les entretiens ont également été producteurs d'archives écrites, soit parce les enquêtés faisaient spontanément mention de certains documents qu'ils avaient en leur possession, soit en fin d'entretien lorsque je leur posais explicitement la question. Un certain nombre d'archives personnelles ont ainsi été réunies.

Les entretiens qui forment le corpus d'archives orales ont été réalisés entre octobre 2010 et décembre 2011 avec des acteurs de la socio-économie des transports ayant travaillé entre le début des années 1960 et le début des années 1980. Toutes ces personnes ont

eu des carrières longues et parfois complexes, il n'est fait mention ici que de l'organisme principal dans lequel ces personnes ont développé le travail sur lequel portait l'entretien : Michel Barbier (IAURP, RATP) ; Alain Bieber (SETEC, IRT) ; Michel Bonnet (METRA, SAEI) ; Hervé Chainé (SEMALY) ; Joëlle Dreyfus (RATP) ; Olivier Paul-Dubois-Taine (SERC, SRERP) ; Gabriel Dupuy (CERAU, BETURE) ; Michel Frybourg (SERC, IRT) ; Serge Goldberg (SERC, IAURP) ; Odette Groret (SRERP, DREIF) ; Marc Halpern-Herla (SRERP) ; Antoine Haumont (ISU) ; Jean-Gérard Koenig (SETRA) ; Pierre Lassave (PUCA) ; Jacques Lesourne (SMA, SEMA, METRA) ; Benjamin Matalon (CREDOC, CERAU) ; Georges Mercadal (CREDOC, CERAU) ; Pierre Merlin (IAURP) ; Alain Méyère (CETUR, STIF) ; Jean-Marc Offner (INRETS) ; Jean Vivier (RATP).

Un autre corpus d'archives écrites et orales plus réduit et plus spécifique a été constitué un peu plus tard, durant l'année 2012, pour compléter le corpus initial. Ce corpus s'intéresse plus précisément au dispositif de production des navettes domicile-travail par le recensement de la population et sera utilisé dans le Chapitre 3 traitant de la stabilité des dispositifs techniques. Un ensemble de documents écrits portant une information sur les navettes a été recueilli dans ce but, par une recherche systématique dans les archives de l'INSEE et de l'Institut National des Études Démographiques (INED). Deux personnes supplémentaires ont été interrogées : Daniel Courgeau (INED) et Christophe Terrier (INSEE). Daniel Courgeau entre à l'INED en 1966, il devient l'une des références majeures dans le domaine de l'analyse quantitative des mobilités spatiales (Courgeau 1988). Christophe Terrier entre à l'INSEE en 1972 où il réalise le dispositif MIRABELLE permettant d'analyser les navettes et de construire des zonages sur cette base (Terrier 1980).

Ce corpus a été construit plus tard car les navettes domicile-travail produites par le recensement de la population ne sont pas apparues immédiatement comme dispositif de la socio-économie des transports (cf. Section 3.1.2). Les archives recueillies à l'INED et à l'INSEE complètent celles présentées plus haut. De même, les deux entretiens complètent ceux du corpus initial, qui comportait déjà des acteurs importants pour la compréhension du rôle des navettes dans la socio-économie des transports, en particulier Serge Goldberg, Pierre Merlin et Jacques Lesourne. En effet, au début des années 1960 Merlin produit, sous la direction de Goldberg, d'importants travaux à partir de cette source (IAURP 1966, Merlin 1967). Lesourne quant à lui est co-fondateur de la Société d'Économie et de Mathématiques Appliquées (SMA puis SEMA) d'où est issue l'une des premières modélisations des déplacements domicile-travail en 1963 (SEMA 1963).



Réalisation : H. Commenges - Source : archives de l'IAURP (conservées aux archives régionales d'IdF)

Fig 1.4 – Archives de l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Parisienne

1.3.2 Mode de construction et fonction des corpus d'archives et d'entretiens

Il existe un grand nombre d'ouvrages méthodologiques, principalement en sociologie, en sciences politiques et en histoire, destinés à la mise en place de techniques qualitatives, au sein desquelles l'entretien occupe une place importante ([Becker 2002](#), [Gubrium et Holstein 2002](#), [Beaud et Weber 2003](#), [Blanchet et Gotman 2010](#), [Descamps 2011](#), [Kaufmann 2011](#)). Ces ouvrages donnent des pistes à la fois sur le choix des enquêtés, sur la façon de préparer les entretiens, sur les techniques de questionnement et de relance, sur le statut à donner aux entretiens et sur la façon de les interpréter.

Ce type d'ouvrages méthodologiques n'est pas nouveau, il y a quelques précédents fameux comme *Le métier de sociologue* ([Bourdieu et al. 1968](#)). Cependant, ces guides se sont multipliés durant les dix ou vingt dernières années, à mesure que l'entretien passait d'une pratique marginale à une pratique récurrente dans de nombreuses disciplines des sciences sociales, dont l'histoire, la géographie et les sciences politiques ([Bongrand et Laborier 2005](#), [Descamps 2011](#)). Cette évolution crée une dépendance méthodologique certaine de ces disciplines envers la sociologie, pour laquelle la pratique de l'entretien est ancienne et théorisée. Elle est aussi à l'origine d'une faiblesse voire d'un « impensé méthodologique » ([Bongrand et Laborier 2005](#)) dans les disciplines peu rompues à l'entretien.

Il est donc crucial de proposer une construction méthodologique robuste afin d'éviter deux écueils : la pratique de l'entretien et de l'archive ne se contente pas de bon sens ni de recettes. Il s'agit d'éviter de faire partie de « ces demi-habiles qui, armés de leur “bon sens” et de leur prétention, se précipitent [...] pour dire ce qu'il en est d'un monde social qu'ils n'ont aucun moyen efficace de connaître ou de comprendre » ([Bourdieu 1992a](#), p.943). Il s'agit également de réaffirmer que la constitution d'un corpus est une démarche complexe, qui ne peut pas être entièrement planifiée, et qui ne se réduit pas à l'application des préceptes de manuels ([Beaud 1996](#)).

Le mode de constitution du corpus d'entretiens peut être qualifié d'heuristique. Les premiers entretiens ont été réalisés avec Christine Couderc de la DREIF et avec Nathalie Siméon de la RATP. Ces deux personnes ont été consultées non pour constituer un matériau d'analyse mais pour prendre contact avec les organismes en charge de l'Enquête Globale Transport (EGT). Elles ont été la porte d'entrée vers des acteurs plus anciens qui leur précédaient : Odette Groret, retraitée du SRERP-DREIF, et Joëlle Dreyfus retraitée de la RATP, qualifiées par C. Couderc et N. Siméon de « piliers de l'EGT ». Ces deux entretiens ont été très riches et ont confirmé l'idée pas tout à fait acquise au départ de l'importance cruciale de constituer un corpus d'archives orales. J'ai alors contacté Gabriel Dupuy qui avait réalisé, pour son travail sur les modèles de trafic (1975), des entretiens avec les ingénieurs qui avaient importé ces méthodes des États-Unis à la fin des années 1950. Il m'a orienté vers une série de personnes qu'il jugeait intéressantes pour poursuivre mon enquête et qu'il avait lui-même interrogé à l'époque : Alain Bieber, Serge Goldberg, Pierre Merlin ou encore Olivier Paul-Dubois-Taine.

Dans chaque entretien, je tentais de traquer les acteurs potentiellement intéressants pour poursuivre l'enquête, certains étaient mentionnés spontanément par les enquêtés, d'autres étaient mentionnés en fin d'entretien lorsque je posais explicitement la question. Assez rapidement il y a eu des recoupements et des redondances. L'avantage de ce mode de fabrication heuristique est qu'il tend à construire spontanément un *petit monde* d'acteurs aux fortes interrelations. Le corpus ainsi constitué a plus de cohérence et d'unité qu'un corpus constitué sur des critères externes au réseau d'acteurs lui-même. L'inconvénient de ce mode de fabrication fait le pendant de son avantage : le corpus présente nécessairement des angles morts. Certaines personnes importantes n'ont pas été rencontrées, soit parce qu'elles n'étaient pas ou peu mentionnées par les autres, soit pour des raisons plus pragmatiques de décès ou de délais de production de la thèse.

Le façon d'aborder les entretiens et de se positionner face aux enquêtés est liée au mode de construction du corpus et au parcours général de la thèse. « L'entretien est plus qu'un simple dialogue entre un questionneur et un questionné, il est bien un rapport social et verbal » (Descamps *et al.* 2006, p.93). Dans ce rapport social, la question première que doit se poser l'enquêteur est celle de la position sociale, celle de l'enquêté et la sienne, et la perception de ces positions sociales par les deux intéressés. Les sociologues et les politologues considèrent que la *dissymétrie sociale* entre enquêteur et enquêté pose problème, que ce soit l'enquêteur qui occupe une position supérieure à l'enquêté (Bourdieu 1992a) ou l'inverse (Chamboredon *et al.* 1994). Dans cette situation, l'enquêteur devrait adopter des « stratégies compensatoires » permettant l'interaction.

Lors de mes entretiens, la dissymétrie sociale s'est souvent fait sentir : celle du jeune étudiant face à des enquêtés âgés occupant ou ayant occupé des postes de direction et ayant bénéficié d'une formation prestigieuse marquée du sceau des grandes écoles (Polytechnique, Ponts et Chaussées). J'ai réalisé les premiers entretiens avec des personnes plus jeunes, moins « imposantes » (Chamboredon *et al.* 1994) et encore en poste. Je sortais moi-même d'un statut de chargé d'études de mobilités et non d'étudiant et j'ai alors essayé de me positionner en tant que collègue.

Dans les entretiens suivants, ce positionnement ne correspondait visiblement pas avec la perception qu'avaient de moi les enquêtés. La dissymétrie sociale était patente, j'étais un étudiant à qui il fallait raconter et expliquer. Cette dissymétrie s'est avérée être un avantage pour mener à bien la stratégie de dévoilement esquissée dans la Section 1.1.1. Il fallait mettre à plat le fonctionnement et la fonction des dispositifs techniques : le fait que les enquêtés construisent une explication « pour les nuls » convenait parfaitement à cet objectif. C'est pourquoi j'ai largement laissé faire les enquêtés, à la fois parce que ce mode de production me convenait, à la fois parce qu'il aurait été difficile de mener des entretiens très directifs avec eux. Dans le *continuum* de directivité qui va de l'entretien strictement non directif au questionnaire à questions fermées, mes entretiens sont semi-directifs plutôt du côté de la non directivité, le guide d'entretien se limitant à une courte liste de thèmes à aborder.

Le corpus d’archives et d’entretiens joue plusieurs fonctions pour le développement de la thèse et doit être considéré comme un ensemble cohérent. Les entretiens permettent d’abord de retrouver certaines archives, ils permettent de s’orienter dans le corpus d’archives et d’en extraire le contenu pertinent. Le corpus d’archives alimente l’interaction qui a lieu lors de l’entretien. Lorsque celui-ci porte sur des événements des années 1960, les contenus retrouvés dans les archives peuvent être proposés aux enquêtés pour nourrir, pour infirmer ou confirmer le fil du discours.

Les entretiens servent essentiellement à reconstruire le petit monde de la socio-économie des transports des années 1960-1970, années de naissance et de consolidation de la socio-économie des transports en France. Ils éclairent des controverses complètement ou partiellement oubliées. À titre d’exemple, Pierre Merlin fait mention en 1998 d’une enquête pilote datant du début des années 1960, donc antérieure à la première édition de l’Enquête Globale Transport (EGT) datant de 1968-1969 (Merlin 1998). Il qualifie cette première EGT d’« offensive des ingénieurs de Ponts et Chaussées pour mener une contre-étude “à l’américaine” » (p.140). Ce passage, qui semble crucial pour comprendre la naissance de l’EGT, n’est pas compréhensible sans mobiliser entretiens et archives. À part dans les publications de l’IAURP des années 1960 et dans la thèse d’État de Merlin (1967), il n’est jamais question de cette enquête pilote. Quant à l’offensive des ingénieurs des Ponts, il n’est pas possible de savoir quels sont les organismes et les personnes visées, contre quoi ils agissent et quelles sont leurs motivations. Entretiens et archives jouent ici une fonction de dévoilement des controverses : l’exemple cité ici est développé dans la Section 2.1.1.

1.3.3 Vue d’ensemble du matériau empirique mobilisé

S’ajoute aux corpus d’archives et d’entretiens un ensemble d’enquêtes quantitatives associées à des données spatiales. Ces enquêtes sont mobilisées au fur et à mesure de l’avancée, en particulier dans la partie 2 (Chapitres 4, 5 et 6) et dans le Chapitre 7. Le choix de ces différents dispositifs d’enquêtes est rapidement esquissé ici, il est justifié avec plus de détails au moment de leur utilisation.

L’Enquête Globale Transport est le dispositif le plus utilisé dans la thèse. Plusieurs raisons expliquent cet usage : c’est l’une des plus anciennes enquêtes ménages déplacements françaises, elle remonte à l’enquête pilote de 1965 dont l’histoire a été retracée grâce aux archives et aux entretiens. Elle renseigne sur les déplacements réalisés en Île-de-France, qui constitue le terrain privilégié de la thèse (cf. Section 1.1.1). Elle a pu être confrontée au modèle de prévision de la DREIF (modèle MODUS), qui est certainement le plus ancien modèle français encore en usage aujourd’hui.

L’enquête ménages déplacements (EMD) de Bordeaux est exploitée parce qu’il s’agit d’une EMD dite « standard CERTU » (cf. Section 2.1.1). Comme il est question dans la première partie de la thèse du travail de standardisation des services techniques de l’État : le SERC, puis le SETRA, puis le CETUR, puis le CERTU (cf. Annexe C), il était nécessaire de travailler avec une enquête issue de ce travail de standardisation.

L'*Enquesta de Mobilitat Quotidiana* de la Région Métropolitaine de Barcelone est utilisée parce qu'elle se différencie des enquêtes ménages déplacements sur plusieurs points qui lui confère une précision supérieure : d'abord, il s'agit d'une enquête dont l'unité de tirage n'est pas le ménage mais l'individu, elle n'est donc pas affectée par les effets de grappe ; ensuite, s'agissant d'une enquête téléphonique, la taille de l'échantillon est largement supérieure à celle des EMD réalisées en face-à-face.

La *Puget Sound Transportation Panel Survey* de l'Aire Métropolitaine de Seattle est la première enquête panel américaine et considérée comme exemplaire en ce domaine. Elle donne un aperçu des questions auxquelles les enquêtes transversales, telles que les EMD, ne permettent pas de répondre.

L'enquête Mobidrive, réalisée dans les villes de Halle et de Karlsruhe, est une enquête qui couvre, pour chaque individu de l'échantillon, tous les jours (ouvrables et week-end) sur six semaines. Elle permet de réfléchir sur le postulat de pratiques de mobilité routinières et le mode de recueil sur un seul jour (*jour ouvrable type*, cf. Section 2.2.3) qui en découle.

Les navettes domicile-travail produites par le Recensement de la population sont exploitées à deux reprises comme données de cadrage sur le temps long (1968-2008). Enfin, l'Enquête Emploi du Temps est utilisée pour donner un aperçu d'une autre façon de conceptualiser les lieux et les activités.

TYPE	DESCRIPTION	TRAITEMENT	RÉFÉRENCES
ARCHIVES	SETRA : documents produits par le SERC et par le SETRA.	Dépouillement des archives Référencement dans une base de données Recherches par auteur, date, mots-clefs, etc.	Chapitre 1 Chapitre 2 Chapitre 3 Section 6.1
	IAURP : documents produits par l'IAURP-IAURIF, le SRERP, la RATP, la SNCF, les bureaux d'études.		
	CRDD : documents produits par les Ministères – Urbanisme, Travaux Publics, Equipement		
	INSEE : documents produits par l'INSEE et l'INED		
	National Transportation Library (site Internet) : documents produits par le <i>U.S. Department of Transportation</i> .		
ENTRETIENS	Michel Barbier, 07/06/2011, 1h	Retranscription Analyse partiellement informatisée (CAQDAS) Approche inspirée de la <i>grounded theory</i>	Chapitre 1 Chapitre 2 Chapitre 3 Section 7.1
	Alain Bieber, 09/05/2011, 1h40		
	Michel Bonnet, 09/12/2011, 2h		
	Hervé Chainé, 19/05/2011, 50mn		
	Joëlle Dreyfus, 10/10/2010, 1h30		
	Olivier Paul-Dubois-Taine, 15/04/2011, 1h30		
	Gabriel Dupuy, 15/11/2010, 1h		
	Michel Frybourg, 26/04/2011, 2h		
	Serge Goldberg, 18/05/2011, 1h15		
	Odette Groret, 25/10/2010, 30 mn		
	Marc Halpern-Herla, 28/04/2011, 1h		
	Antoine Haumont, 05/11/2011, 1h15		
	Jean-Gérard Koenig, 13/06/2011, 1h45		
	Pierre Lassave, 29/11/2011, 1h30		
	Jacques Lesourne, 22/06/2011, 1h		
	Benjamin Matalon, 16/11/2011, 1h30		
	George Mercadal, 02/05/2011, 1h		
	Pierre Merlin, 21/04/2011, 2h		
	Alain Méyère, 19/04/2011, 1h40		
	Jean-Marc Offner, 17/04/2012, 1h		
	Jean Vivier, 14/04/2011, 1h30		
	Daniel Courgeau, 18/10/2011, 30 mn		
	Christophe Terrier, 12/10/2011, 1h30		

Tab 1.2 – Corpus d'archives et d'entretiens mobilisés dans la thèse

TYPE	DESCRIPTION	TRAITEMENT	RÉFÉRENCES
ENQUÊTES	Enquête Globale Transports - 1976, 1983, 1991, 2001 - Région Parisienne puis Ile-de-France	Analyse des modalités de variables (entropie relative) Analyse univariée Modélisation bi- et multivariée Analyse séquentielle Fouille de données (ACP, CAH) Analyse spatiale (flux)	Section 3.2 Chapitre 4 Chapitre 5 Section 6.2 Chapitre 7
	Enquête Ménages Déplacements de Bordeaux - 1998, 2009 - Communauté Urbaine de Bordeaux	Analyse des modalités de variables Analyse univariée	Section 6.1 Section 6.2
	Enquesta de Mobilitat Quotidiana - 2006 - Région Métropolitaine de Barcelone	Analyse séquentielle (co-présence) Modélisation bivariée	Section 5.3
	Puget Sound Transportation Panel Survey - Aire Métropolitaine de Seattle - 1989, 1990, 1992, 1994, 1996, 1997, 1999	Analyse longitudinale	Section 6.3
	Enquête Mobidrive - 1999 - Halle et Karlsruhe (Allemagne)	Modélisation multi-niveaux Analyse séquentielle	Section 6.1
	Navettes domicile-travail (Recensement) - France, Ile-de-France - 1968, 1975, 1982, 1999, 2008	Analyse univariée	Section 5.3 Section 7.2
	Enquête Emploi du Temps - 2009-2010 - France	Analyse séquentielle	Section 5.2
DONNÉES SPATIALES	Fond communal Ile-de-France	Matrice d'adjacence communale	Section 5.4
	Fond communal Région Métropolitaine de Barcelone	Carte des résidus de régression	Section 5.3
	Carroyage de l'Enquête Globale Transport	Intersection spatiale	Section 7.2 Annexe A
	Zonage du modèle MODUS (DREIF)	Intersection spatiale	Section 7.2 Annexe A

Tab 1.3 – Enquêtes quantitatives et données spatiales mobilisées

Conclusion

Le cadre théorique qui structure l'ensemble de la thèse s'appuie sur des travaux de sociologie, de philosophie et de sociologie des sciences, d'anthropologie des techniques, de socio-histoire de la statistique et de sciences politiques. La mise en place de ce cadre aboutit à un ensemble de trois énoncés concernant les objets et les dispositifs techniques : (1) ils agissent, (2) ils sont le produit d'une stabilisation et (3) ils font système. Deux sous-énoncés caractérisant les dispositifs et les objets sont proposés en cohérence avec les trois énoncés ci-dessus : (4) ils circulent par paquets, et (5) plus les relations entre eux sont intriquées plus ils se stabilisent.

Ce chapitre donne aux objets et dispositifs techniques un rôle essentiel dans la socio-économie des transports, il défend l'idée que ce sont précisément eux qui permettent de délimiter et de qualifier ce « domaine ». Cette réflexion aboutit sur une frise chronologique qui délimite et qualifie la socio-économie des transports au cours du temps : *domaine d'expertise* durant les années 1960, *champ scientifique hétéronome* dans les années 1970 et « ondes » à partir des années 1980. L'unité de ce « domaine » est variable au cours du temps, mais elle est suffisante pour permettre de constituer ce « domaine » en objet de recherche. Cette conclusion est un préalable nécessaire pour la poursuite de la thèse. En effet c'est seulement maintenant que l'existence et la nature de la socio-économie des transports ont été posées qu'il est possible d'examiner comment celle-ci a inventé l'idée de *mobilité quotidienne*.

Le produit du travail historique réalisé dans cette première partie est étroitement dépendant des moyens d'investigation mis en œuvre pour retracer la naissance et le développement de la socio-économie des transports, pour examiner les controverses qui l'ont traversée, pour appréhender les choix et les enjeux intervenant dans la constitution de ses concepts et de ses dispositifs techniques. Le mode de construction du corpus d'archives et d'entretiens a un impact certain sur les analyses présentées dans la thèse. Ce corpus n'est évidemment ni neutre ni exhaustif. En revanche, il est riche et orienté vers la réponse aux interrogations de la thèse.

Les deux chapitres suivants développent les énoncés qui viennent d'être mentionnés. Le Chapitre 2 décrit la naissance et la consolidation des principaux objets conceptuels et dispositifs techniques de la socio-économie des transports. Le Chapitre 3 s'intéresse aux interactions entre objets, il examine comment ces objets se sont stabilisés et comment ils agissent en système et circulent par paquets.

CHAPITRE 2

Réification des concepts de la *mobilité quotidienne*

Introduction	42
2.1 Les dispositifs techniques de la socio-économie des transports	42
2.1.1 Dispositifs de quantification	44
2.1.2 Dispositifs de modélisation	54
2.1.3 Dispositifs d'évaluation économique	62
2.2 Les mots de la socio-économie des transports	63
2.2.1 Mobilité et demande de transport	63
2.2.2 Déplacement et <i>lieu-motif</i>	66
2.2.3 Jour ouvrable type et heure de pointe	67
2.2.4 Coût généralisé	69
Conclusion	71

Introduction

Le chapitre précédent pose le cadre théorique et donne une grande importance aux objets conceptuels et aux dispositifs techniques destinés à quantifier la mobilité quotidienne. Le présent chapitre en propose un examen suffisamment détaillé pour pouvoir poursuivre l'analyse : l'analyse théorique des relations inter-objets et inter-dispositifs dans le Chapitre 3, les analyses empiriques réalisées dans la deuxième partie de la thèse, et les réflexions et exercices autour de la modélisation proposés dans la troisième partie de la thèse.

Ce chapitre est structuré en cohérence avec la distinction établie par Desrosières (cf. 1.2.1) entre « quantifier » et « mesurer ». Quantifier signifie « exprimer et faire exister sous une forme numérique ce qui, auparavant, était exprimé par des mots et non par des nombres. » La quantification inclut un double travail de convention, de définition collective d'objets conceptuels puis de mesure des objets convenus, c'est-à-dire de mise en forme numérique. Ce chapitre vise précisément à faire apparaître la mise en place des conventions, préalable nécessaire à la mesure rarement étudié en tant que tel.

Suivant cette distinction, la mesure est d'abord présentée par un examen détaillé des dispositifs techniques de la socio-économie des transports : enquêtes, modèles et procédures d'évaluation économique. Dans un second temps, les conventions nécessaires à cette mesure sont dévoilées. Ces conventions définissent un certain nombre d'objets conceptuels primordiaux qui constituent une véritable *mise en forme* de l'idée de *mobilité quotidienne*.

Ce chapitre présente donc le processus de réification (étymologiquement « chosification ») des concepts permettant d'appréhender la *mobilité quotidienne*. Les objets conceptuels créés et agencés au sein des dispositifs de quantification, de modélisation et d'évaluation économique forment un système dont les mécanismes et les interrelations sont examinées dans le Chapitre 3.

2.1 Les dispositifs techniques de la socio-économie des transports

« Le plus riche en recueil de données est l'enquête par hélicoptère, exhaustive et très précise. »

SETRA, *Manuel du projeteur*, 1972

Cette citation tirée du *Manuel du projeteur* du SETRA (1972, p.3) met en évidence une tendance forte dans les documents techniques et un écueil pour qui les analyse avec le recul des années. À chaque époque, les techniques de production de données les plus modernes sont investies d'un fort potentiel innovant qui, *a posteriori*, se révèle parfois être un leurre.

Ici, la technique hélicoptère semble définir un type de dispositif de quantification alors que la nature des données qu'elle produit n'est pas différente de celle produite par des techniques plus simples comme les « papillons »²⁶. La technique hélicoptère est également surinvestie dans son rôle futur : dans toutes les archives consultées pour la thèse, aucune enquête par hélicoptère n'a été retrouvée.

Conformément aux définitions posées à la Section 1.1.3, un dispositif technique est défini comme l'assemblage d'objets matériels (humains et non humains) et d'objets conceptuels, assemblage opéré par des méthodes d'interaction. L'exemple ci-dessous (Figure 2.1) montre l'exemple du dispositif de modélisation américain dans les années 1950 : assemblage d'individus (modélisateurs), d'un certain type de machines (ici l'ordinateur IBM 704 utilisé pour la *Chicago area transportation study*, cf. Section 3.2.3), d'objets conceptuels opéré par des méthodes d'interaction (régression linéaire, modèle gravitaire).

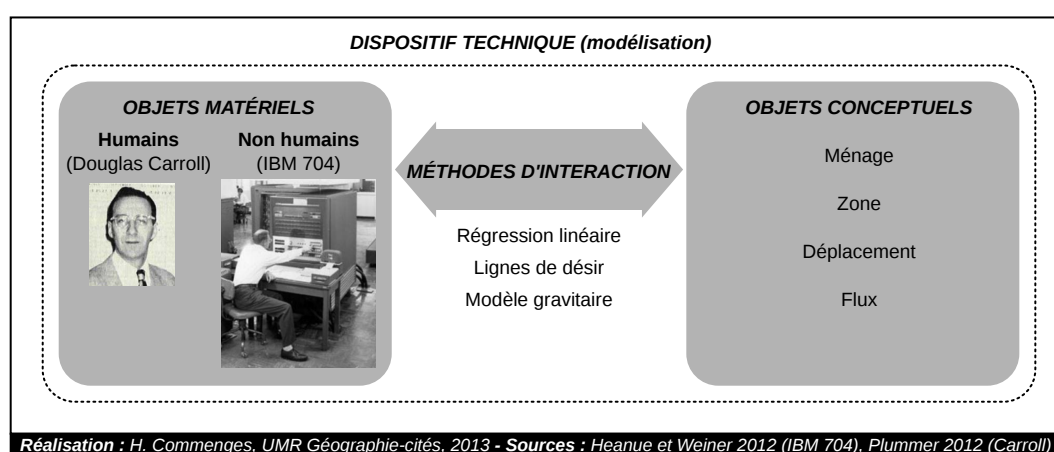


Fig 2.1 – Assemblage d'objets matériels et d'objets conceptuels au sein du dispositif de modélisation

Trois grands dispositifs techniques sont examinés ici : les dispositifs de quantification de la *mobilité quotidienne*, constitués de comptages et d'enquêtes ; les dispositifs de modélisation dont le but est d'estimer la mobilité future ; les dispositifs d'évaluation économique qui cherchent à chiffrer les bénéfices attendus d'une infrastructure ou d'un service de transport. Dans ce chapitre, la cohérence de ce triptyque est simplement postulée, elle sera justifiée dans le Chapitre 3.

26. Les papillons sont des étiquettes données et récupérées aux véhicules entrant et sortant dans un périmètre d'enquête.

2.1.1 Dispositifs de quantification

Il n'est pas possible de dresser un inventaire exhaustif des dispositifs de quantification de la *mobilité quotidienne* et il faut dès maintenant établir une distinction qui en réduise le nombre et la variété. Cette thèse s'intéresse à un certain type de dispositif, qualifié de *dispositif institutionnalisé* et défini par le jeu de critères suivants :

1. Il est explicitement (mais pas nécessairement de façon exclusive) mis en place pour saisir des pratiques de *mobilité quotidienne*.
2. Un ou plusieurs acteurs publics sont responsables totalement ou partiellement de sa mise en place.
3. Il est destiné à être systématisé, c'est-à-dire ré-utilisé plusieurs fois, à différentes dates et/ou dans différents espaces.

Le critère (1) exclut les dispositifs producteurs de données dont on peut faire des exploitations secondaires traitant de la *mobilité quotidienne*, mais dont la mise en place n'a rien à voir avec elle, comme par exemple les données de téléphonie mobile. Le critère (2) exclut les dispositifs qui visent explicitement à quantifier des pratiques de *mobilité quotidienne* mais dans un but purement privé. C'est par exemple le cas des enquêtes Affimétrie réalisées par les grands annonceurs et agences média (JCDecaux, ClearChannel et d'autres). Le critère (3) exclut les dispositifs expérimentaux mis en place dans le cadre de projets de recherche ou d'études ponctuelles, par exemple les enquêtes longitudinales réalisées à Lyon et à Paris au début des années 1980 (cf. Section 6.2.3).

Une fois ces critères posés, il reste à établir une typologie de dispositifs de quantification institutionnalisés. La typologie proposée (cf. Figure 2.2) reprend certains éléments de celle du manuel du SETRA (2010), mais elle est plus générique.

Tout dispositif de quantification ne nécessitant pas d'interaction entre le compteur et le compté est désigné sous le terme de comptage. Tous les dispositifs impliquant une interaction verbale compteur-compté est une enquête, que celle-ci ait lieu en face-à-face, au téléphone ou de façon différée par Internet ou par courrier interposé.

Parmi les dispositifs de comptage, le plus ancien et le plus répandu jusqu'à aujourd'hui est ponctuel, il s'agit d'une quantification du débit qui passe en un point donné. Dès lors qu'un dispositif caractérise le mouvement de l'individu par au moins deux localisations temporellement estampillées (*time-stamped*), il produit des trajectoires.

Parmi les enquêtes, deux types de dispositifs sont distingués : les navettes domicile-travail du recensement de la population et les enquêtes origine-destination ou « enquêtes O-D ». Le dispositif des navettes est très particulier, il produit un couple de lieux dont on suppose qu'ils sont reliés par des déplacements, mais rien n'est su quant à la temporalité de ces déplacements (fréquence, durée, heure de la journée). Le terme d'enquêtes O-D

est utilisé ici dans une acception qui ne correspond pas exactement aux termes consacrés dans les manuels techniques récents. En effet, dans la terminologie actuelle véhiculée par le SETRA et le CERTU, l'enquête O-D désigne uniquement les enquêtes avec entretien pendant la mobilité (enquête cordon, enquête sur itinéraire), excluant donc les enquêtes ménages déplacements, dont l'entretien se déroule *a posteriori*. Ces termes utilisés par le SETRA et le CERTU sont le résultat d'une évolution du vocabulaire dont il est difficile de saisir la trace et les motivations. En effet, jusqu'au milieu des années 1970, la terminologie désignant les différents types d'enquêtes n'est pas figée : « enquête origine-destination », « enquête sur les déplacements », « enquête de circulation » peuvent aussi bien désigner des enquêtes avec entretien au bord de la route que des enquêtes à domicile. Dans la typologie proposée ici toute enquête qui produit des couples origine-destination, couples de lieux orientés et temporellement estampillés (*time stamped*), est qualifiée d'enquête O-D.

Parmi les enquêtes O-D, le critère de distinction principal est le lieu de l'interaction compteur-compté. Lorsque la mesure de la mobilité est réalisée pendant que la mobilité est en train de se produire, l'interaction est dite « flagrante » : les enquêtes réalisées sur le bord de route (enquêtes cordon, enquêtes sur coupure) en sont un exemple. Lorsque la mesure de la mobilité est différée par rapport à la mobilité elle-même, l'interaction est dite « non flagrante » : les enquêtes ménages déplacements en sont un exemple.

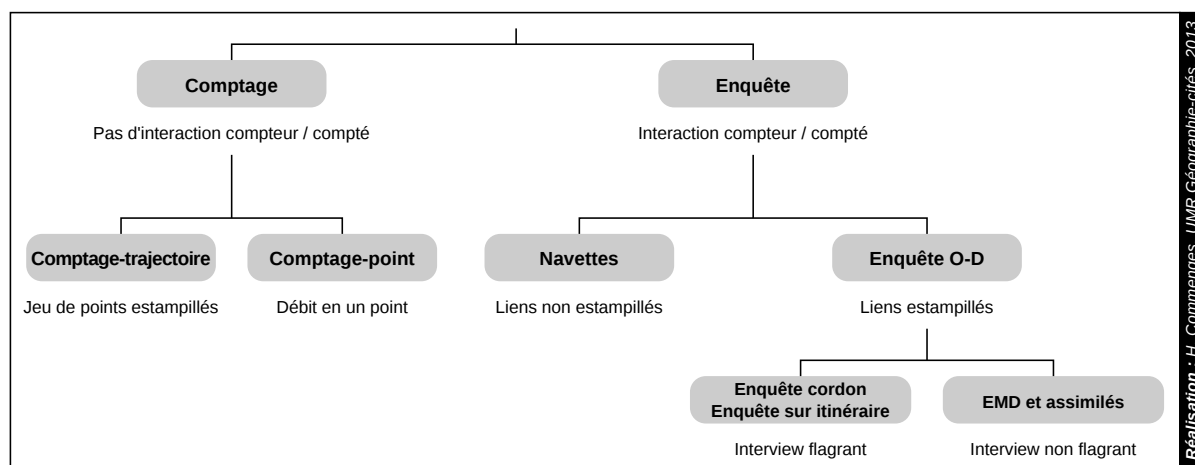


Fig 2.2 – Typologie des dispositifs de quantification de la *mobilité quotidienne*

La typologie proposée repose sur l'interaction compteur-compté et sur la nature des objets statistiques produits, elle ne considère pas les moyens employés comme participant à la définition des dispositifs. La nature d'une enquête ménages déplacements n'est pas fondamentalement affectée par son mode de production, en face-à-face, au téléphone ou par Internet²⁷. De la même façon, l'utilisation de techniques permettant une

27. Même si le mode de production peut avoir un impact fort, en particulier sur le coût de production de l'enquête et donc sur la taille de l'échantillon. Sur ce point, voir les travaux de Bonnel *et al.* (1994) et voir le traitement réalisé sur l'enquête de la Région Métropolitaine de Barcelone (Section 5.3.1).

géolocalisation en temps réel n’affecte pas la nature du dispositif de production de données : la technologie GPS peut être utilisée comme dispositif de comptage, sans interaction compteur-compté, aussi bien que dans un dispositif d’enquête où les données GPS enrichissent une information produite par un questionnaire.

Les paragraphes qui suivent présentent les principaux dispositifs de quantification de la socio-économie des transports. Les dispositifs de comptage sont les plus anciens, ils sont présentés assez brièvement parce qu’ils produisent une information sémantiquement très limitée et ne mobilisent que peu d’objets conceptuels. Toute l’attention est donc portée sur les enquêtes : les dispositifs d’enquête origine-destination d’abord, qui sont directement issus de l’ingénierie du trafic américaine ; le dispositif de navettes domicile-travail ensuite, qui pré-existe à l’ingénierie du trafic, mais qui s’intègre aux dispositifs techniques propres à ce domaine (cf. Section 3.1.2). Cette présentation se focalise sur la naissance des dispositifs et sur leur intégration dans la batterie de dispositifs de quantification de la socio-économie des transports.

Les comptages

Les comptages systématiques existent en France depuis 1844 sous le nom de « recensement de la circulation ». Ils sont réalisés par des cantonniers sous la supervision des ingénieurs des Ponts et Chaussées. Ils servent à quantifier la circulation sur les routes nationales, « opération envisagée au double point de vue de la statistique commerciale des transports par voie de terre et de l’usure des chaussées » ([Ministère des Travaux Publics 1918](#), p.9). Ces comptages, dont l’unité est le collier, ne s’inscrivent pas dans le cadre d’une action sur la saturation des routes mais bien sur l’usure de la chaussée. Il ne s’agit pas de quantifier la circulation urbaine mais bien de comptages sur des routes inter-urbaines.

Les premiers dispositifs de comptage-trajectoire datent des années 1950 et sont associés à un « cordon » : il s’agit de délimiter un périmètre et d’identifier les véhicules qui entrent et sortent du périmètre par leur plaque d’immatriculation ou par une étiquette distinctive appelée « papillon » ([Breese 1959](#)). Ce type de dispositif de comptage prend une importance grandissante depuis la fin des années 1990 avec le développement des techniques de géolocalisation (*location-aware technologies*), en premier lieu le GPS ([Stopher 2004a](#), [Miller 2005](#)).

L’idée d’utiliser les comptages dans une problématique de circulation urbaine semble émerger en France dans les années 1930, indépendamment de l’importation des techniques américaines qui se fera dans les années 1950 ([Dupuy 1975](#)). Les comptages sont ensuite intégrés à l’ensemble des dispositifs américains de l’ingénierie du trafic avec lesquels ils interagissent. En effet, les comptages produisent une information sémantiquement très réduite mais quantitativement très importante. De par ces caractéristiques, ils servent de référence pour réaliser des vérifications et des calibrages des enquêtes O-D et des modèles de prévision.

Les navettes domicile-travail

Le dispositif de production des navettes domicile-travail est très atypique, il s'insère dans les dispositifs de quantification de la socio-économie de façon particulière et il n'a fait l'objet d'aucun travail historique. Ces raisons justifient un traitement assez détaillé et un retour aux origines de ce dispositif.

Les archives de l'INSEE font apparaître une double naissance de l'objet navette répondant à deux questions distinctes : depuis quand peut-on travailler sur les navettes et depuis quand travaille-t-on effectivement sur les navettes ? Ces deux questions amènent à s'intéresser à deux époques différentes. L'objet navette est issu du lien réalisé au niveau individuel entre lieu de résidence et lieu de travail. Le recensement de la population ayant toujours renseigné la commune de résidence des individus, la possibilité d'établir ce lien dépend de l'introduction d'une question portant sur la localisation du lieu de travail. Celle-ci apparaît dans le recensement de 1896, et constitue l'acte de naissance du dispositif de recueil des navettes.

Or l'analyse des archives de l'INSEE fait apparaître que le premier document d'étude des navettes date de 1932 ([Bunle 1932](#)). Sachant le coût de l'opération de recensement et la parcimonie qui le caractérise, les trente années qui séparent l'introduction de la question sur le lieu de travail et le premier document d'analyse des navettes laissent penser qu'il s'agit d'un objet dérivé d'une question servant un autre but. Pour bien comprendre la nature de la navette, il faut donc revenir à l'origine de la question qui crée cet objet en introduisant une question sur la localisation du lieu de travail. Cette question marque un lien durable entre statistiques de la population et statistiques du travail.

En France, la pratique de recensement de la population devient systématique avec le recensement de 1801. Le recensement de la population devient alors global dans l'espace, régulier dans le temps et s'appuie sur des méthodes statistiques de plus en plus précises. Dès les premiers recensement réalisés dans la France contemporaine, l'unité spatiale de référence est la commune. Le critère permettant d'assigner une population à une commune a changé à plusieurs reprises jusqu'à aujourd'hui, considérant uniquement la population de droit (population domiciliée dans la commune), uniquement la population de fait (population présente dans la commune le jour du recensement), ou bien une combinaison des deux ([Godinot 2005](#)).

L'introduction d'une question sur la localisation du lieu de travail demande une explication. Le préambule du recensement de 1896 reste évasif sur ce point : « les renseignements plus détaillés que fournira la nouvelle méthode de recensement des professions serviront de base à l'étude des projets de loi à préparer ultérieurement en vue de satisfaire aux besoins que révéleront les intérêts sociaux et économiques constatés » ([Statistique Générale de la France 1899](#), p.7). Cette phrase doit être comprise dans le cadre de la mise en place d'une administration du travail pour « l'observation, la prise en considération du monde du travail, la réglementation, la législation, l'application de

celle-ci, son contrôle, la défense, la représentation des intérêts des travailleurs, l'arbitrage et la conciliation » (Moret-Lespignet 2006, p.19). La mise en place de cette administration se traduit par la création de plusieurs institutions : l'Office du Travail en 1891, le corps de l'Inspection du Travail en 1892 et le ministère éponyme en 1906. Entre 1880 et 1890, tous les pays industrialisés se dotent de bureaux de statistique du travail, préalable nécessaire à la mise en place d'un État-providence défini par sa capacité à intervenir sur le monde du travail par des lois sur les retraites, sur le chômage, sur la durée de travail, les accidents et les assurances maladies (Desrosières 2003b).

L'objectif de la question sur le lieu de travail introduite au recensement de 1896 est donc de « fournir des indications essentielles sur les intérêts économiques et sociaux du pays et des diverses régions » (Statistique Générale de la France 1899, p.9). Cette statistique du travail naissante s'appuie sur la définition d'une unité de comptage, l'établissement, désignant « tout groupe de personnes travaillant en commun » (Service du Recensement 1904, p.13). L'établissement est défini par analogie avec le ménage : « le ménage est la communauté d'habitation, l'établissement la communauté de travail » (Statistique Générale de la France 1899, p.9). La question concernant la commune de travail permet de réaliser un « classement suivant le domicile de travail » et non suivant le « domicile de résidence ». Ainsi, il est possible de travailler sur les navettes depuis 1896, mais parler d'un objet navette à cette époque est anachronique puisque la question du recensement poursuit des objectifs bien différents. Il ne s'agit pas de créer un objet de flux intermunicipal, mais de créer un nouvel objet de stock en assignant la population non plus à la commune de résidence mais à la commune de travail.

À partir du début des années 1930, le recensement de la population (RP) devient donc un dispositif de quantification de la *mobilité quotidienne* à travers l'objet navette. Ce dernier reste presque inchangé jusqu'à la fin du XX^e siècle. Une question supplémentaire est introduite dans le RP 1999 renseignant sur le mode de transport²⁸, une seconde question affectant les navettes est introduite dans le recensement rénové (2004) qui renseigne sur l'établissement d'enseignement des scolaires.

Le dispositif de quantification des navettes naît donc indépendamment des outils américains de l'ingénierie des transports. Cependant, des liens se forment entre les deux dès le début des années 1960. Les documents produits à cette époque montrent une collaboration étroite entre l'ingénierie du trafic (SERC, IAURP) et l'INSEE (Goldberg 1964, SERC 1966), ce qui est confirmé par les entretiens avec Serge Goldberg, Pierre Merlin et Michel Barbier qui mentionnent la présence permanente d'un technicien détaché de l'INSEE à l'IAURP (cf. Section 3.1.2).

28. Question à six modalités : pas de transport, marche à pied, voiture particulière, transports en commun, plusieurs modes de transport ainsi qu'une modalité deux-roues, clairement surannée en 1999 (cf. Section 6.1.1).

Les enquêtes origine-destination

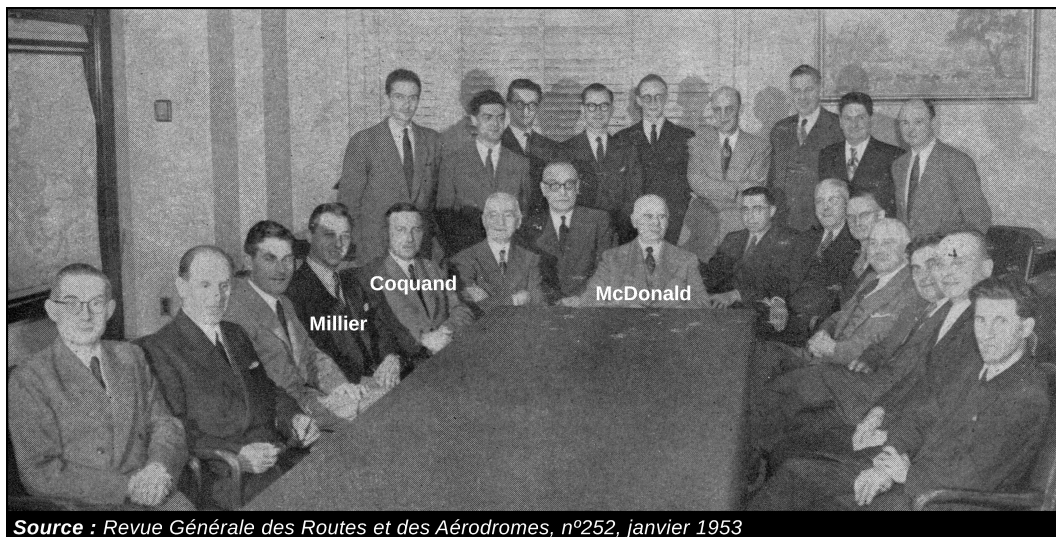
Les comptages et les navettes sont deux dispositifs de quantification qui apparaissent en France, ainsi que dans un certain nombre de pays européens, indépendamment de la circulation des dispositifs techniques américains. Ces deux dispositifs sont intégrés *a posteriori* dans la batterie de dispositifs de quantification de la socio-économie des transports. En revanche, les enquêtes O-D naissent spécifiquement aux États-Unis dans une problématique de création de nouveaux axes routiers. Les comptages ne peuvent servir qu'à quantifier le trafic existant pour justifier et calibrer des élargissements de voies existantes mais ils ne sont d'aucune utilité pour planifier de nouvelles voies. C'est dans ce cadre que la mesure ponctuelle de débit sur une voie existante est remplacée par une mesure de couples de lieux orientés, mesure permettant de dessiner des flux indépendamment de l'infrastructure existante (Dupuy 1975).

Selon Dupuy, les premières enquêtes O-D sont réalisées dès la fin des années 1930 aux États-Unis, il s'agit d'enquêtes à *interview flagrant* (cf. Figure 2.2) mené sur le bord de route, sur des coupures ou des cordons²⁹. Les enquêtes avec interview à domicile se développent au début des années 1940 et sont formalisées dans un manuel en 1944, le *Manual of procedures for home interview traffic studies* (Weiner 1997). Ces dispositifs de quantification alimentent les modèles de prévision présentés dans la section suivante.

Au début des années 1950, les dispositifs américains de quantification et de modélisation du trafic routier sont importés dans plusieurs pays européens. La voie à suivre est outre-atlantique, c'est la voie du progrès technologique et de la croissance économique, étroitement liée au développement de l'automobile : « on dit couramment, cette année, que la prospérité économique américaine va bientôt dépendre de la réussite du slogan : “Deux voitures par famille” » (Debord 1959). Ces transferts de connaissance et de technologie concernent un grand nombre d'aspects, dont Gardon *et al.* (2009) ont fait la recension.

Des missions, des conférences, des revues et des cours internationaux dédiés à la circulation apparaissent au début des années 1950 : la mission française d'ingénieurs routiers aux États-Unis en octobre 1951 ou le cours international sur la technique de la circulation organisé à La Haye en juin 1953. La première mission française d'ingénieurs aux États-Unis est présentée sur la Figure 2.3. On y voit T.H. McDonald, Commissaire fédéral des routes (*Bureau of Public Roads*), et son équipe. Parmi les ingénieurs français on retrouve Roger Coquand, futur Directeur des routes (Ministère des Travaux Publics et des Transports) et Jean Millier, futur bras droit de Delouvrier en tant que directeur général de l'IAURP. Plusieurs numéros de la *Revue Générale des Routes et des Aérodrômes* (252, 260, 261, 279) présentent des compte-rendus de ces cours, conférences et autres rencontres internationales du début des années 1950.

29. L'enquête sur coupure consiste à arrêter les véhicules qui passent par un point donné et à demander au conducteur son origine et sa destination. L'enquête sur cordon consiste à délimiter un périmètre et à interroger tous les véhicules qui entrent et sortent de ce périmètre.



Source : Revue Générale des Routes et des Aérodrômes, n°252, janvier 1953

Fig 2.3 – Mission française des ingénieurs routiers aux États-Unis (1951)

Ces rencontres ne suffisant pas, le corps des Ponts et Chaussées envoie des ingénieurs se former aux États-Unis (Yale) : Joseph Elkouby en 1953, Serge Goldberg en 1955 et Marc Halpern-Herla en 1956 et d'autres à leur suite. Deux de ces trois pionniers ont été interrogés dans le cadre de la thèse, Elkouby étant décédé en 1996. Elkouby a mis en place les premières enquêtes O-D vers 1955 qui sont des enquêtes sur le bord de route (cordon et coupure). Serge Goldberg passe deux ans aux États-Unis, il intègre le SERC à son retour et poursuit ce travail à partir de 1958. Il organise la première enquête O-D à domicile, à Rennes en 1960.

L'enquête de Rennes ([SERC, BRC de Rennes 1964](#)) interroge tous les individus des ménages de l'échantillon, tous les déplacements sont enregistrés quel qu'en soit le motif, à l'exclusion des déplacements à pied (cf. Section 7.1). Le questionnaire de cette première enquête à domicile (cf. Figure 2.4) est, à l'exception de la question sur le stationnement, strictement identique à celui du *Manual of procedures for home interview traffic studies* de 1944 ([Weiner 1997](#), p.13). Il contient les éléments fondamentaux de toute enquête O-D : la localisation de l'origine et de la destination, le motif (« but ») à l'origine et à destination, l'heure de départ et d'arrivée, le mode de transport. Toutes les enquêtes postérieures suivent ce modèle initial.

Toutes les enquêtes O-D réalisées du milieu des années 1950 à la fin des années 1960 (Rennes, Nantes, Strasbourg, Nancy, etc.) sont pilotées par le SERC, installé dans les locaux du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, et par les Bureaux Régionaux de la Circulation qui prolongent l'action du SERC. La structure interne du SERC reflète une division fondamentale des travaux sur la circulation durant cette période, avec une « Division des études urbaines » et une « Division du trafic inter-urbain » ([SERC 1964](#)).

Les termes employés pour désigner les enquêtes ne sont pas figés, pas plus que les termes utilisés dans les questionnaires et les rapports d'enquête : enquête sur les transports,

Enquête de circulation de Rennes, 1960

1	2	3	4	5		6	
N° du voyage	OU A COMMENCÉ LE VOYAGE	OU S'EST TERMINÉ LE VOYAGE	MODE DE TRANSPORT	HEURE		BUT DU VOYAGE	
				Départ	Arrivée	3U	Y
			Deux roues non immatriculées.....1 Deux roues immatriculées.....2 Conducteur de véhicule de tourisme.....3 Passager de véhicule tourisme.....4 Passager de taxi.....5 Passager d'autobus, car, etc.....6 Passager d'autres véhicules.....9			0.....domicile.....0 1.....lieu de travail fixe et habituel.....1 2.....affaires.....2 3.....visites à titre privé.....3 4.....spectacles, réunions publiques.....4 5.....courses, achats.....5 6.....promenades, tourisme.....6 7.....sert passager.....7 9.....autre motif.....9	
			Deux roues non immatriculées.....1 Deux roues immatriculées.....2 Conducteur de véhicule de tourisme.....3 Passager de véhicule tourisme.....4 Passager de taxi.....5 Passager d'autobus, car, etc.....6 Passager d'autres véhicules.....9			0.....domicile.....0 1.....lieu de travail fixe et habituel.....1 2.....affaires.....2 3.....visites à titre privé.....3 4.....spectacles, réunions publiques.....4 5.....courses, achats.....5 6.....promenades, tourisme.....6 7.....sert passager.....7 9.....autre motif.....9	

Manual of Procedures for Home Interview Traffic Studies, 1944

INTERNAL TRIP REPORT SHEET _____ OF _____

CARD ☐ 2 TRACT ☐ BLOCK ☐ SAMPLE No. ☐ SUBZONE ☐ DAY OF TRAVEL ☐

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Occupation and Industry	Per- son No.	Trip No.	Sex and Race	Where Did This Trip Begin?	Where Did This Trip End?	Mode of Travel	Time of—		Purpose of Trip		No. of Ctr. Including Driver	Kind of Parking
							Starting	Arrival	From	To		
				1.....City	1.....City	1 Auto Driver	A. M.	A. M.	1.....Work.....1	1.....Street free		1 Street free
				2.....City	2.....City	2 Auto Pass.			2.....Business.....2	2.....Street meter		2 Street meter
				3.....City	3.....City	3 Street-car-Bus	P. M.	P. M.	3.....Med.-Den.....3	3.....Lot free		3 Lot free
				4.....City	4.....City	4 Taxi Pass.			4.....School.....4	4.....Lot paid		4 Lot paid
				5.....City	5.....City	5 Truck Pass.			5.....Social, Rec.....5	5.....Garage free		5 Garage free
				6.....City	6.....City				6.....Ch. Travel Mode.....6	6.....Garage paid		6 Garage paid
									7.....Eat meal.....7	7.....Service or repairs		7 Service or repairs
									8.....Shopping.....8	8.....Res. property		8 Res. property
									9.....Serve pass.....9	9.....Cruised		9 Cruised
									0.....Home.....0	0.....Not parked		0 Not parked

Sources : SERC, Enquête de circulation de Rennes, 1960 (conservée aux archives du SETRA)
U.S. Bureau of Public Roads, Manual of Procedures for Home Interview Traffic Studies, 1944 (site de la National Transportation Library)

Fig 2.4 – Questionnaire de l'EMD de Rennes (1960) et questionnaire du manuel américain de 1944

enquête de circulation, enquête sur les déplacements. Les « déplacements » sont parfois dénommés « trajets », parfois « voyages », le motif de déplacement est parfois qualifié de « but » ou de « raison ». Malgré une grande activité de diffusion des méthodes américaines par des « cours de spécialisation » et « cours de recyclage » (SERC 1964, Goldberg 1964), il n'y a pas de normalisation des termes à cette époque.

À la fin des années 1960, la dissociation des deux branches du SERC, études et recherches, donne naissance à deux organismes (cf. Annexe B) : le Service d'Études sur les Transports, les Routes et leur Aménagement (SETRA) et l'Institut de Recherche sur les Transports (IRT). La standardisation du dispositif d'enquête ménages déplacements (EMD) a lieu durant les années 1970 au SETRA. Le *Dossier pilote concernant la réalisation des enquêtes ménages* (1975) comporte tous les éléments nécessaires à cette standardisation : un cahier des charges, une prévision des coûts, des questionnaires standard, des exploitations standard. Les termes utilisés dans ce dossier ont été maintenus jusqu'à aujourd'hui (enquête ménages déplacements, déplacement, motif de déplacement).

À la fin des années 1970, la division qui avait toujours existé en interne au sein du SERC puis du SETRA entre l'urbain et l'inter-urbain se traduit par une scission du SETRA : la partie inter-urbaine est conservée par le SETRA, la partie urbaine est récupérée par un organisme de nouvelle création : le Centre d'Études des Transports Urbains (CETUR). Logiquement, les enquêtes ménages déplacements (EMD), qui sont des enquêtes menées en milieu urbain, échoient au CETUR qui prend le relais du SETRA.

En 1994, la fusion du CETUR et du Service Technique de l'Urbanisme (STU) mène à la création du Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports et l'Urbanisme (CERTU) qui poursuit le travail de standardisation jusqu'au début des années 2000. Le résultat de ce processus est l'EMD « standard CERTU », dispositif de quantification dominant les études de mobilité et de transport dont le manuel ([CERTU 1998](#)) fixe les termes, les méthodes, les questionnaires et les exploitations standard. Durant les dix dernières années, les EMD ont sensiblement évolué, avec des variations locales et une déclinaison en plusieurs dispositifs : Enquête Déplacements Villes Moyennes (EDVM), Enquête Déplacements Grands Territoires (EDGT) (cf. Chapitre [3](#)).

En région parisienne, la mise en place d'un dispositif d'enquête O-D réalisée au domicile se pose en d'autres termes. En effet, à la différence de Rennes, Strasbourg et d'autres villes françaises, la région parisienne concentre un plus grand nombre d'acteurs compétents en ce domaine. Au début des années 1960, le SERC n'y est donc pas le seul acteur, ni même l'acteur dominant.

En 1961, Serge Goldberg quitte le SERC et devient directeur des études et recherches à l'IAURP. Il recrute Pierre Merlin et Michel Barbier en 1963 qui mettent en place en 1965 la première enquête O-D à domicile de la région parisienne, dite « enquête pilote ». Cette enquête pilote prépare la grande enquête de 1968-1969 dans le cadre de l'Étude Globale Transport, il s'agit donc de l'ancêtre de l'Enquête Globale Transport actuelle, utilisée à plusieurs reprises dans cette thèse.

Il y a une certaine confusion autour des termes « étude globale » et « enquête globale ». L'Étude Globale Transport de 1968-1969 est bien, comme l'a dit Merlin une étude « à l'américaine » (cf. Section [1.3](#)), c'est-à-dire un vaste ensemble de dispositifs de quantification : enquête sur le stationnement, sur les marchandises, enquêtes cordon et comptages. Elle comprend également une enquête de circulation auprès des ménages. Par la suite le terme d'« étude globale » a été délaissé et l'un de ses dispositifs de quantification, l'enquête de circulation auprès des ménages, est devenue l'Enquête Globale Transport.

Merlin qualifie cette étude d'offensive des ingénieurs des Ponts pour deux raisons³⁰. D'abord, c'est au sein de l'IAURP, institut lié à l'origine au Ministère de l'Urbanisme et de la Reconstruction non piloté par le corps des Ponts, qu'est conçue l'enquête pilote, mais c'est le SRERP, du Ministère des Travaux Publics piloté par le corps des Ponts,

30. À ces deux raisons structurelles s'ajoutent des conflits de personnalités et un certain « esprit polémique » revendiqué par Merlin lui-même.

qui la récupère et la systématise. Ce service et ses successeurs (DREIF puis DRIEA) en conserve la maîtrise d'ouvrage jusqu'en 2002. Il semble également qu'il y a dès cette époque des désaccords entre l'IAURP et le SRERP sur la façon de dépenser l'argent en études et recherches, désaccords qui se maintiennent au moins jusqu'aux années 1980 (cf. Section 3.1).

Du côté du SRERP, les compétences en transport remontent également aux voyages d'études aux États-Unis. Marc Halpern-Herla succède à Goldberg à l'université de Yale en 1956-1957, à son retour il intègre la Direction des routes du Ministère des Travaux Publics dirigée par Coquand. Puis il est affecté au SRERP en 1966 où il recrute Olivier Paul-Dubois-Taine pour mettre en place l'Étude Globale Transport. Le dispositif de quantification dominant de cette étude est l'« Enquête de Transport de la Région Parisienne » menée en 1968-1969 sur près de 12 millions de ménages (SRERP 1971). Cette enquête, réalisée sur le modèle de l'enquête pilote de 1965-66, est considérée comme la première « Enquête Globale Transport » ou EGT. Du point de vue de l'information produite par les questionnaires, l'enquête pilote et l'EGT 1968-69 sont presque identiques. L'EGT suivante (1976) comporte un questionnaire plus court et plus simple que celle de 1968, ce questionnaire change très peu dans les éditions postérieures (1983, 1991, 2001).

Les EMD doivent être considérées comme le dispositif de quantification dominant parce qu'elles se sont multipliées dans le temps et dans l'espace, alors que dans le même temps les enquêtes O-D à interview flagrant ont quasiment disparu en milieu urbain. Tout au long de la thèse le terme « EMD » est employé de façon récurrente. Lorsqu'il est employé sans plus de précision, il s'agit du dispositif générique qui produit par un entretien à domicile une information sur les déplacements réalisés par les ménages. L'acronyme EMD, traduction presque littérale de l'anglais *Household Travel Survey* (HTS), désigne donc toute enquête de ce type, quels que soient la date et le lieu de réalisation. Lorsqu'il est question d'EMD « standard CERTU », il s'agit en revanche du dispositif standardisé par le SETRA, le CETUR puis le CERTU, qui désigne nécessairement des enquêtes réalisées en France à partir du milieu des années 1970.

Il reste une enquête O-D très importante dont il n'a pas été question jusqu'à présent : l'Enquête Nationale Transports et Déplacements (ENTD). Cette enquête, dont le nom a varié au cours du temps (Enquête Nationale Transport et Communication, Enquête sur les Transports), a connu cinq éditions : 1966-67, 1973-74, 1981-82, 1993-94 et 2007-08. Enquête *nationale*, elle est destinée à pallier certaines faiblesses des enquêtes locales : seules les villes d'une certaine importance sont enquêtées, seuls les déplacements en jour ouvrable sont pris en compte, conçues pour saisir la mobilité urbaine elles ne prennent pas en compte les espaces ruraux et elles prennent mal en compte les espaces périurbains, tout ce qui sort du périmètre de l'enquête est concentré dans une catégorie résiduelle « hors zone » ce qui ne permet pas de saisir les mobilités à longue distance (Orfeuil 2002).

À la différence de tous les autres dispositifs de quantification examinés ici, l'Enquête Nationale Transports ne permet pas de réaliser des analyses localisées et il est rarement couplé avec les autres dispositifs de la socio-économie des transports. L'histoire de cette

enquête nationale est très peu documentée, la première édition de 1966-67 est conçue et réalisée par l'INSEE alors qu'il n'y a pas de spécialistes des transports en son sein. Cette naissance tendrait à la rapprocher des grandes enquêtes INSEE sur les budgets de ménages ou les budgets temps. Il ne s'agit pas à l'origine d'un dispositif de la socio-économie des transports. Il le devient seulement lorsque certains chercheurs de l'IRT-INRETS l'investissent ([Orfeuil 2002](#)). Compte tenu de ces caractéristiques, l'Enquête Nationale Transports n'a pas été étudiée ni utilisée dans cette thèse.

Comptages, navettes et enquêtes O-D constituent un premier ensemble de dispositifs techniques sur lequel s'appuie la socio-économie des transports. Un deuxième ensemble de dispositifs techniques, étroitement lié au premier, est examiné maintenant, celui des dispositifs de modélisation.

2.1.2 Dispositifs de modélisation

Le dispositif de modélisation originel est un type de modèle de prévision du trafic dit « modèle à quatre étapes » (*four-step model*, cf. Figure 2.5). Il fait lui aussi partie de la boîte à outils importée des États-Unis dont G. Dupuy (1975) a retracé l'histoire. Ce modèle comporte à l'origine deux modules ([Bates 2000](#), [McNally 2000](#)). Le premier module, dit de génération (*trip generation*), consiste à évaluer une quantité de déplacements attirés et émis en fonction des caractéristiques de zones prédécoupées (caractéristiques de la population et des activités). Le second module, dit de distribution (*trip distribution*), consiste à évaluer la répartition géographique de ces flux, le plus souvent par l'intermédiaire d'un modèle gravitaire. À ce bloc originel de deux modules se sont ajoutés en aval deux modules supplémentaires : l'un de choix modal, l'autre d'affectation au réseau. Cet ensemble constitue le modèle à quatre étapes qui est utilisé aux États-Unis depuis le milieu des années 1950 et en France depuis le milieu des années 1960.

Plusieurs caractéristiques de ce dispositif doivent être précisées pour amener la suite de la réflexion sur les objets conceptuels et les dispositifs techniques (cf. Chapitre 3) mais aussi pour préparer la démarche modélisatrice présentée dans la troisième partie de la thèse.

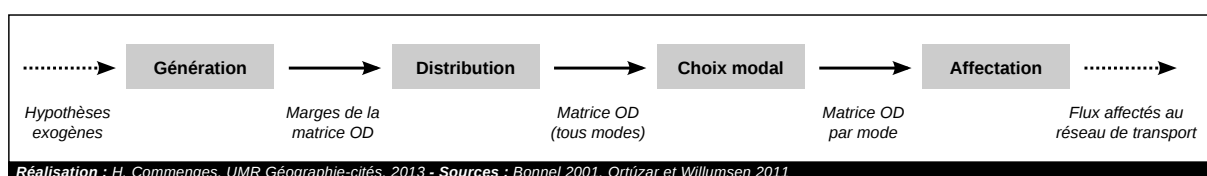


Fig 2.5 – Chaîne de modélisation à quatre étapes

Konstantinos Chatzis souligne la nature ambiguë du modèle à quatre étapes ([Chatzis 2009](#), p.169) : « le modèle dit “à quatre étapes” ne constitue pas un modèle *stricto sensu*,

mais une approche générale de modélisation. C’est pour cette raison que nous préférons parler de modélisation “à quatre étapes”. En effet, plusieurs modèles, aux philosophies et caractéristiques différentes, ont été développés à l’intérieur de chacune des quatre étapes. » Cette remarque appelle des précisions sur cette multiplicité des modèles développés à l’intérieur des quatre étapes et sur leur évolution : les sections qui suivent se focalisent sur les deux premières étapes de génération et de distribution, parce que ce sont les deux étapes originelles qui forment la base de la modélisation à quatre étapes, base qui est travaillée dans la troisième partie de la thèse. Ces deux premières étapes ont peu évolué depuis les origines, alors que les étapes de choix modal et d’assignation ont concentré la plupart des sophistications ultérieures et comportent donc un grand nombre d’approches et de sous-approches. Toutes ces procédures sont expliquées en détail dans les manuels de modélisation, par exemple par [Ortúzar et Willumsen \(2011\)](#), et en français dans l’HDR de Patrick Bonnel ([2001](#)).

Avant la mise en place des modèles à quatre étapes, la construction d’une matrice de déplacements à un horizon donné se fait par l’intermédiaire des facteurs de croissance (*growth-factor modeling*). Cette méthode très simple consiste simplement à extrapoler le trafic observé en multipliant les flux actuels par un facteur, qui peut être uniforme ou propre à chaque couple origine-destination. Le ou les facteurs de croissance du trafic sont fonction de la croissance de variables telles que la population, le revenu ou le taux de motorisation. Par la suite des procédures ont été mises en place pour assurer la contrainte aux marges de la matrice de déplacements, principalement la procédure de Fratar (milieu des années 1950) et la procédure de Furness (milieu des années 1960). Ces deux procédures peuvent être utilisées sur des modèles de facteurs de croissance, mais également pour assurer la contrainte aux marges d’un modèle gravitaire³¹. Plusieurs caractéristiques de la méthode des facteurs de croissance doivent être soulignées : elle ne s’applique qu’au trafic routier ; elle estime une matrice de flux mais ne s’occupe pas du choix du mode de transport ni de l’affectation au réseau ; elle ne dépend pas de l’offre de transport, de ce point de vue elle est *context-free* ([Dupuy 1975](#)).

La méthode des facteurs de croissance est rapidement considérée par les modélisateurs comme grossière (*rule of thumb* dans la littérature anglo-saxonne) et remplacée par un couple de deux étapes ou sous-modèles : un sous-modèle qui prévoit des quantités de déplacements émis et attirés par zones (génération) et un sous-modèle qui distribue ces quantités dans l’espace (distribution).

L’étape de génération

Il faut d’abord s’arrêter sur l’étape de génération dont le statut au sein de la modélisation à quatre étapes est très particulier. Cette étape a pour but d’estimer le nombre de

31. La procédure de Furness, la plus classique, est utilisée de cette façon dans la troisième partie de la thèse. Pour plus de détails, voir [Bonnel \(2001\)](#) ou [Ortúzar et Willumsen \(2011\)](#).

déplacements générés et attirés pour chacune des zones du modèle à quatre étapes. Dès les premiers modèles, il y avait des liens de rétroaction entre les trois dernières étapes, reflétant l'interdépendance entre le « choix » d'une destination, d'un mode de transport et d'un itinéraire. Par exemple, le fait qu'un tronçon du réseau soit saturé peut avoir une incidence sur le mode de transport utilisé, à origine et destination constantes (rétroaction entre assignation au réseau et choix modal). Ce tronçon saturé peut également avoir une incidence sur la destination du déplacement (rétroaction entre assignation et distribution). Les modélisateurs ont tissé des liens de plus en plus étroits entre les trois dernières étapes, mais l'étape de génération a toujours été considérée comme indépendante des trois suivantes (Bonnell 2001, Ortúzar et Willumsen 2011). La génération des déplacements est donc modélisée en fonction de caractéristiques de la population et des activités, mais elle est considérée comme indépendante du réseau de transport et, de façon plus générale, de l'accessibilité. En effet, les travaux, peu nombreux et assez récents, sur l'interaction entre génération des déplacements et accessibilité ne sont pas concluants, en partie parce qu'il n'est pas possible d'observer ce type d'interaction avec des enquêtes transversales (Ortúzar et Willumsen 2011).

Plusieurs méthodes ont été développées pour l'étape de génération. Les deux plus anciennes sont mentionnées ici : la méthode normative, qui consiste à appliquer des coefficients fixés par une autorité tutélaire ; la méthode par régression linéaire, qui fait une estimation en fonction des caractéristiques des populations et des activités présentes dans chaque zone. Cette seconde méthode a fait l'objet de nombreux développements, il faut distinguer en particulier les régressions au niveau des ménages et les régressions au niveau des zones.

En France, c'est la méthode normative qui a été longtemps utilisée, parce qu'elle était impulsée par les services techniques de l'État, le SERC puis le SETRA (voir par exemple le dossier méthodologique du SETRA, 1973). La régression au niveau des zones a aussi été utilisée, et elle l'est encore, parce qu'elle a l'apparence de la simplicité et de la fiabilité. Cette pratique est pourtant critiquée dès la fin des années 1960, en particulier par McCarthy (1969). Ce dernier confronte l'approche par régression linéaire sur des attributs des zones avec l'approche par régression linéaire sur des attributs des ménages avec un jeu de variables comparables :

$$D = \beta_0 + \beta_1 REV + \beta_2 NPC + \beta_3 DVP + \beta_4 NPM$$

Au niveau du ménage, le modèle se lit de la façon suivante : le nombre de déplacements générés par le ménage (D) est fonction du niveau de revenu (REV), du nombre de personnes de plus de cinq ans dans le ménage (NPC), du nombre de voitures à disposition (DVP) et du nombre total de personnes dans le ménage (NPM). Au niveau de la zone, le modèle s'applique à des moyennes calculées pour chaque zone : le nombre moyen de déplacements générés par les ménages de la zone (D) est fonction du niveau de revenu moyen (REV), du nombre moyen de personnes de plus de cinq ans dans le ménage (NPC),

du nombre moyen de voitures à disposition (DVP) et du nombre moyen de personnes dans le ménage (NPM).

McCarthy explique le succès de la régression au niveau des zones par le fait qu'elle permet un ajustement bien meilleur que la régression au niveau des ménages. Cette qualité de l'ajustement, due à la linéarité des relations au niveau des zones (et non au niveau des ménages), donne l'apparence d'une fiabilité supérieure. Il s'agit pourtant d'un trompe-l'œil : d'abord la moyenne n'est pas une bonne mesure de centralité pour ce type de variables mesurées dans ce type de zones, et surtout la variation intrazone de la variable prédite est bien supérieure à sa variation interzone, ce qui relativise sérieusement le pouvoir prédictif du modèle. Cette dernière remarque revêt un intérêt particulier pour l'exercice de modélisation présenté dans la troisième partie de la thèse. La qualité de l'étape de génération est très dépendante du zonage et cette qualité n'est pas homogène sur l'ensemble de l'espace urbain considéré. Les zones centrales, caractérisées par un maillage plus fin et par une plus grande homogénéité des populations et des activités, bénéficient d'une précision bien supérieure aux zones périphériques où le maillage est plus lâche et les populations et activités hétérogènes.

L'étape de distribution

La méthode des facteurs de croissance, utilisée dans les premières études de transport, estime une quantité de déplacements future et la distribue dans l'espace sans réelle formalisation de l'interaction spatiale. Au milieu des années 1950, plusieurs travaux mènent à la séparation des deux étapes de génération et de distribution et à la mise en place de véritables modèles d'interaction spatiale. Le modèle gravitaire est mobilisé par les ingénieurs du trafic qui se l'approprient en modifiant les variables prises en compte.

Dans le modèle gravitaire originel appliqué à des villes ou à des zones, les flux sont fonctions des populations et des distances : le flux entre la zone i et la zone j est proportionnel aux populations de i et de j et inversement proportionnel à la distance entre i et j . Dans les modèles de transport, population et distance sont rapidement remplacées par d'autres attributs de masse et de friction. En effet, prendre en compte seulement la population comme masse mène à des flux symétriques (cf. Section 3.2.3), où le flux de i vers j est égal au flux de j vers i . De même, dans un espace maillé par des réseaux de transport, la seule distance est une mauvaise approximation de la friction, en particulier du temps nécessaire pour se rendre d'un point à un autre.

Les masses ne sont donc plus des populations mais des attributs d'émission et d'attraction calculés dans l'étape de génération. La distance est remplacée d'abord par du temps, puis par du temps généralisé ou du coût généralisé. Le coût généralisé (cf. Section 2.1.3 et Section 2.2) est une valeur composite qui prend en compte le temps, le prix et l'inconfort engendrés par le déplacement. La fonction de coût ou temps généralisé, qui était l'inverse du carré dans le modèle gravitaire traditionnel issu de la physique, est également modifiée.

La fonction puissance ou la fonction exponentielle sont utilisées et la friction est calibrée selon les données d'enquête.

Enfin, le modèle de distribution doit respecter les émissions et les attractions calculées lors de l'étape de génération. En d'autres termes, les marges de la matrice de flux doivent correspondre au total des flux émis et attirés par zones. Cette contrainte aux marges est d'abord assurée par les méthodes évoquées plus haut de Fratar et de Furness, qui consistent à diviser itérativement les totaux marginaux en ligne et en colonne jusqu'à converger vers les marges voulues. On passe donc de la formulation originelle directement importée de la physique (1^e équation), avec des populations et des distances à une formulation spécifique au dispositif de modélisation du transport (2nde équation) :

$$F_{ij} = P_i P_j D_{ij}^{-2}$$

$$F_{ij} = \alpha_i \beta_j E_i A_j C_{ij}^{-n}$$

Où α_i et β_j sont les facteurs de balancement qui assurent la contrainte aux marges, E_i et A_j sont les valeurs d'émission et d'attraction calculées à l'étape de génération et n est l'exposant du coût, dont la valeur varie selon les motifs de déplacement. Cette valeur est plus faible pour les déplacements vers le travail que pour les déplacements vers des motifs dits « secondaires », traduisant le fait que les individus sont disposés à assumer un coût plus important pour aller au travail que pour faire leurs achats quotidiens.

Origines de l'application du modèle gravitaire à la mobilité spatiale

Le premier écrit qui applique la théorie de la gravité aux sociétés humaines est le livre de H.C. Carey, *Principles of social science* (1871) : “gravitation is here, as elsewhere in the material world, in the direct ratio of the mass, and in the inverse one of the distance” (p.43). Ses écrits s'inscrivent dans la physique sociale qui considère qu'il y a identité entre lois physiques et lois sociales (Carey 1871, p.vi). Carey mobilise la “gravitation sociale” comme force d'attraction pour expliquer l'agglomération des humains dans de grandes villes, mais pas comme principe d'interaction spatiale.

La plus ancienne mention d'un principe d'interaction spatiale se rapprochant du modèle gravitaire vient d'un article de Ravenstein 1885 sur les migrations en Grande-Bretagne. Ravenstein énonce un ensemble de lois clairement définies appuyées par des données empiriques (à la différence de Carey), mais il n'y a dans son texte aucune occurrence du terme “gravité” ou de termes dérivés. Le statut de la proposition n'est pas clair, il parle aussi bien de *laws*, de *rules* ou de *principles*. La proposition de Ravenstein peut être considérée comme ancêtre du modèle gravitaire mais également comme ancêtre du modèle d'opportunités interposées (*intervening opportunities*). En effet, la *step-by-step rule* stipule :

« Immigration into any centre of attraction having a wide sphere of influence was not a simple transfer of people from the circumference of a circle to its centre, but an exceedingly complex wavelike motion. » Ravenstein (1885, p.31)

La première mention explicite de la théorie de la gravité dans un modèle d'interaction spatiale vient de Reilly (1931), qui deviendra par la suite la principale référence à l'application du modèle gravitaire en géographie. Plusieurs éléments méritent d'être soulignés concernant son travail : d'abord le statut de la proposition est explicite et justifié dans le texte, il s'agit bien d'une *loi* de gravitation du commerce de détail, et elle s'appuie sur des données empiriques. Il s'agit ensuite d'une “découverte” (p.6), Reilly ne faisant aucune mention de travaux antérieurs. Il s'agit finalement d'une étude à visée opérationnelle, dont le but est d'être appliquée par les acteurs économiques.

Quinze ans plus tard, George K. Zipf (1946) formule l'hypothèse “ $P_1 P_2 / D$ ”. Il ne cite aucun des auteurs mentionnés précédemment (Carey, Ravenstein, Reilly), mais fonde sa démonstration sur ses propres travaux sur la répartition de la taille des peuplements (*communities*). Son hypothèse traduit l'équilibre entre deux forces, une force de diversification (peuplement à proximité des matières premières) et une force d'unification (peuplement à proximité des centres de production).

Tous les auteurs qui viennent d'être mentionnés appliquent des modèles de type gravitaire aux interactions à une échelle inter-urbaine. Selon Dupuy, la première application de ce type de modèle aux interactions intra-urbaines, dans une optique de planification des transports, est l'œuvre d'A.M. Voorhees (Dupuy 1975). Le récit raconté par Dupuy semble

pourtant romancé : « au cours du congrès de 1955 [...] un homme monta à la tribune [...] le modèle de trafic moderne était né » (p.7), Voorhees serait l'« inventeur de la nouvelle théorie du trafic » (p.7) voire l'« inventeur du modèle gravitaire » (p.62).

En réalité, le modèle gravitaire est déjà utilisé dans l'étude globale de Détroit dont le rapport est publié en 1955. On trouve dans les années précédentes un ensemble de rapports et d'articles qui obligent à revoir cette figure de l'inventeur isolé. Dès le début des années 1940, Stewart (1942, 1948) pose les bases des modèles de potentiel gravitaire, S.C. Dodd formule un modèle d'interaction spatiale de type gravitaire en 1950. À la même époque, on trouve chez J.D. Carroll (1949, 1952), directeur des deux premières études globales de transport américaines (cf. Section 3.2.3), tous les éléments nécessaires à une formalisation de type gravitaire : effet positif de la masse et effet négatif de la distance. Ce dernier est opérationnel en 1955 et présenté dans la revue *Papers of Regional Science* (Carroll 1955b) ainsi que dans l'étude de trafic de Détroit (Carroll 1955a; 1956). À la même époque d'autres auteurs en sont au même point, comme Iklé (1954) ou Casey (1955). Il n'y a donc pas d'inventeur isolé mais un milieu « techno-scientifique » (Hottois 1984) qui se constitue donc au début des années 1950 aux États-Unis. Ce milieu, qui mêle connaissances scientifiques, techniques et objets matériels (les premiers ordinateurs scientifiques commercialisés par IBM), est propice à l'opérationnalisation des modèles de trafic.

Le modèle d'opportunités interposées (*intervening opportunities*) est proposé par Samuel A. Stouffer en 1940 pour expliquer la distribution des déplacements inter-étatiques aux États-Unis. Stouffer part des lois de Ravenstein et ancre son modèle dans la sociologie. Il considère que peu d'efforts ont été faits pour expliquer comment opère la distance, qu'il ne suffit pas de constater que cette dernière exerce un frein aux déplacements. Le principe des opportunités interposées est exposé de la façon suivante (Stouffer 1940, p.846) : « the number of persons going a given distance is directly proportional to the number of opportunities at that distance and inversely proportional to the number of intervening opportunities », ce qui s'écrit :

$$F_{ij} = f(M_i, N_j, O_{ij})$$

Le flux entre i et j (F_{ij}) est proportionnel à la masse de migrants originaires de i (M_i) et à la masse de migrants arrivés en j (N_j) et inversement proportionnel au nombre d'opportunités interposées entre i et j (O_{ij}). La formulation du modèle a changé entre les deux articles fondateurs de Stouffer, la notation également, et l'application de ce modèle dans le domaine des transports a donné lieu à des formulations encore différentes, c'est pourquoi la fonction n'est pas précisée ici. Dans une évolution postérieure du modèle, Stouffer (1960) ajoute à cette fonction une variable qu'il nomme *competing migrants* et dont le nombre est inversement proportionnel au flux. L'ajout de cette variable a pour but d'introduire une asymétrie dans le flux modélisé puisque, dans sa première formulation, les flux sont nécessairement symétriques (le flux de i vers j est égal au flux de j vers i).

Le modèle d'opportunités interposées a été peu appliqué, selon Willumsen et Ortúzar parce que, en théorie et en pratique, il est moins bien connu que le modèle gravitaire, parce qu'il est plus coûteux à mettre en place et parce que ses estimations ne sont pas meilleures que celles du modèle gravitaire. Cause et conséquence de ces derniers points, le modèle d'opportunité n'est implémenté dans aucun logiciel de modélisation des flux.

Les étapes postérieures

Les deux étapes postérieures, choix du mode de transport et assignation des flux au réseau, ont été mises en place plus tard. Ce sont ces étapes qui ont recueilli la plus grande part de l'innovation méthodologique, dont l'examen serait trop long et inutile pour le reste de la thèse. Il importe seulement de noter que ces deux étapes reposent sur la notion de temps ou coût généralisé. Le coût généralisé, objet conceptuel présenté en détail dans la Section 2.1.3, est une mise en équivalence de tout ce qui pour l'utilisateur représente un frein, en particulier le temps de transport, le prix et l'inconfort.

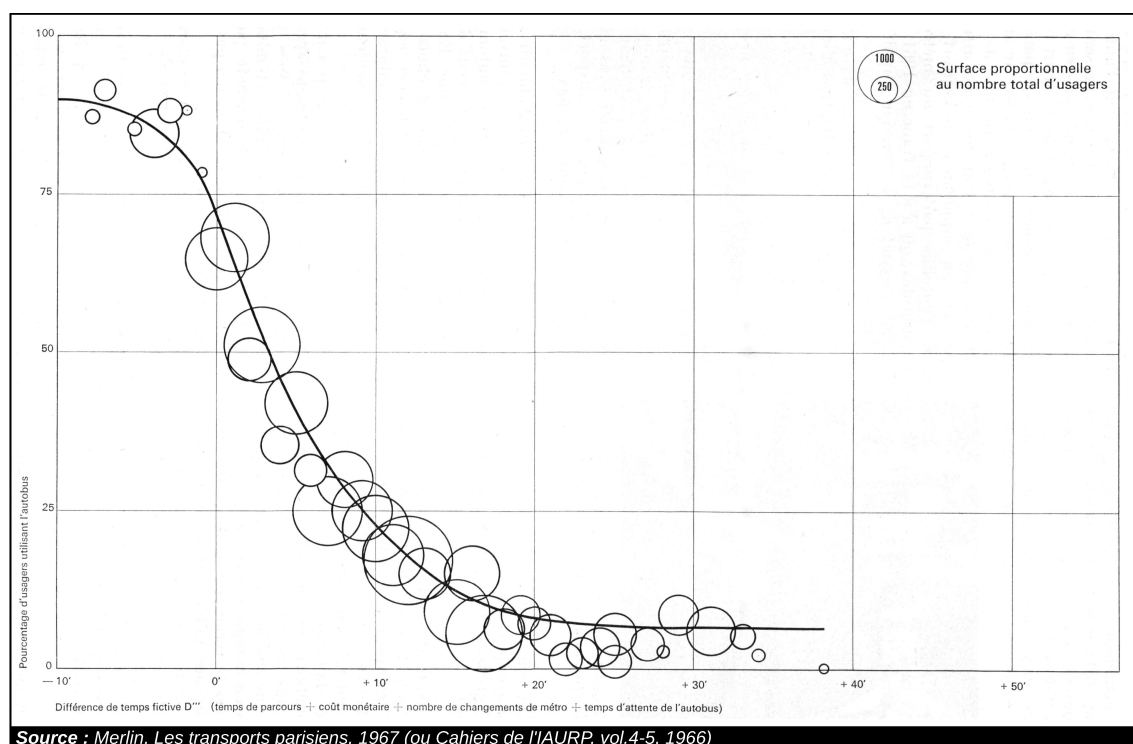


Fig 2.6 – Courbe d'affectation entre autobus et métropolitain (1967)

La Figure 2.6 est une courbe d'affectation qui confronte les pourcentages d'utilisation des modes autobus et métropolitain en fonction d'un temps généralisé, courbe calibrée sur les « préférences révélées », c'est-à-dire les arbitrages réels observés grâce à l'EMD. La « courbe d'affectation » ou « courbe de partage modal » représente en abscisse la différence

de coût ou de temps généralisé entre deux modes³² et en ordonnée le pourcentage d'utilisateurs de l'un des deux modes considérés. Les utilisateurs sont segmentés selon leurs caractéristiques propres (catégorie socio-professionnelle, nombre de véhicules à disposition) ou selon le type de liaison (en région parisienne : Paris-Banlieue, Paris-Paris, Banlieue-Banlieue).

Certaines personnes interrogées dans le cadre de la thèse ont affirmé que les Américains n'avaient pas besoin de modéliser le choix du mode, car leurs modèles s'intéressaient exclusivement au véhicule particulier. Cette affirmation est sans doute issue des travaux de Dupuy (1975, p.40) qui affirme que « les modes de transport autres que l'automobile, sont pratiquement absents de la problématique des modèles de trafic américains. » Elle doit être nuancée : il y a eu des études sur le choix du mode de transport, incluant les transports en commun, en particulier sur des liaisons inter-urbaines³³. Même en milieu urbain, un modèle dédié exclusivement aux déplacements en voiture doit pouvoir les discriminer des autres déplacements par un module de choix modal. La modélisation du choix modal est donc, comme le reste des dispositifs techniques présentés ici, d'origine américaine. De fait, l'un des principaux ouvrages sur ce thème, cité par certains enquêtés (G. Mercadal, P. Merlin) est celui de Warner (1962) de la Northwestern University (Illinois).

La quatrième étape est celle de l'affectation des flux au réseau de transport. Toujours dans la même approche de rationalité instrumentale, l'agent rationnel est supposé emprunter l'itinéraire le plus court. Comme pour l'étape de distribution, la prise en compte de la distance est rapidement jugée insuffisante, elle est substituée par le temps puis par le coût généralisé. L'affectation des flux au réseau se fait donc *via* des algorithmes de calcul de plus courts chemins sur un graphe, le « plus court chemin » désignant alors le chemin le moins coûteux (Ortúzar et Willumsen 2011).

2.1.3 Dispositifs d'évaluation économique

Le troisième dispositif concerne l'évaluation économique des choix d'investissements. Cette évaluation se fait par l'intermédiaire d'une analyse coût-avantage (*cost-benefit analysis*) qui s'appuie sur plusieurs notions, en particulier le coût généralisé et la rentabilité collective. Ce dispositif a une histoire plus diffuse, qui prend ses racines dans les premiers travaux d'économie utilisant des analyses mathématiques. La notion de rentabilité collective est issue des travaux de Jules Dupuit (1844) sur l'« utilité publique ». Avant lui, l'utilité collective d'un ouvrage est égale à ce que la société paie pour le réaliser.

32. Pour comparer le transport en commun (TC) et le véhicule particulier (VP), l'axe des abscisses est soit un simple rapport entre le coût généralisé du transport en commun (C_{TC}) et le coût du véhicule particulier (C_{VP}), soit une différence rapportée au total $(C_{TC} - C_{VP})/(C_{TC} + C_{VP})$.

33. Voir à ce propos le compte-rendu de voyage aux États-Unis établi par Georges Mercadal en 1966. Il y rapporte le contenu de réunions dans plusieurs centres d'études et de recherches américains, réunions qui portent précisément sur la modélisation du choix modal (cf. Annexe D).

Dupuit propose une mesure de l'utilité fondée non pas sur le coût de production mais sur ce que l'utilisateur serait prêt à payer pour utiliser l'ouvrage en question.

L'utilité d'un objet est donc définie comme « le sacrifice maximum que chaque consommateur serait disposé à faire pour se le procurer » (p.65) et l'utilité collective est une méthode permettant d'agréger les utilités individuelles. Ce principe est la base de l'évaluation économique des infrastructures de transport. Il est formalisé et son usage systématisé par la vague d'« ingénieurs-économistes » des Trente Glorieuses (Mazoyer, 2012), dans tous les domaines faisant l'objet d'une planification économique et en particulier dans le domaine des transports. Ce principe est massivement utilisé dès la fin des années 1960 par les instituts et bureaux d'études des transports.

La notion de coût généralisé est étroitement liée à la notion d'élasticité développée dans le sillon des travaux d'Augustin Cournot (1838). Le calcul du coût généralisé consiste à donner un équivalent monétaire à des éléments non monétaires, en premier lieu au temps, à partir de l'analyse de comportements observés (cf. Section 2.2). Le coût généralisé commence à être utilisé dans les années 1950 aux États-Unis et en Grande-Bretagne (Beesley 1965), quelques années plus tard en France (Mercadal et Matalon 1966, Merlin 1967). Il est d'application systématique à la fin des années 1960 (Goodwin 1974). Dans le cadre d'un choix d'investissement, des projets d'itinéraires ou de modes concurrents peuvent être comparés en termes de gains de temps, agrégés et monétarisés, qui constituent l'essentiel du calcul de la rentabilité collective.

2.2 Les mots de la socio-économie des transports

Cette section propose un glossaire, sur le mode du dictionnaire *Les mots de la géographie* (Brunet *et al.* 2005), dont le but est de faire connaître « les mots de la tribu, les placer en perspective et les mettre en situation ». Les définitions proposées ne correspondent pas aux définitions consacrées, elles sont assorties d'une mise en perspective historique et d'une réflexion sur le rôle des dispositifs techniques dans la fabrication d'objets conceptuels. En effet, tous les mots examinés ici sont le résultat d'une co-construction entre dispositifs techniques et objets conceptuels, à tel point qu'il n'est pas possible de dire si les dispositifs ont été mis en place pour appréhender ces objets ou si ce sont les objets conceptuels qui ont été définis pour les besoins des dispositifs techniques.

2.2.1 Mobilité et demande de transport

Certains travaux remettent en cause les postulats et les méthodes de la socio-économie des transports et lui donnent comme objet la « mobilité quotidienne » ou les « comportements de mobilité » (Kaufmann 1998, p.11) : « La méthode dite “classique” [i.e. le modèle à quatre étapes] constitue la première conceptualisation élaborée de la mobilité quotidienne, elle a été la plus usitée jusqu'à maintenant. »

Ce terme de *mobilité* ne s'impose pas de lui-même, il fait irruption dans les années 1970 et se fait une place en bousculant d'autres termes bien ancrés, générant débats et confusions. En effet, dans le domaine d'expertise qu'est la socio-économie des transports des années 1960 (cf. Figure 1.3), il n'est question que de termes issus de l'ingénierie du trafic (circulation, déplacement) et de l'analyse économique (offre, demande). Le terme *mobilité* fait apparition lorsque la socio-économie des transports se constitue en champ ouvert aux disciplines universitaires.

En 1968-1969 est réalisée en région parisienne la première étude globale de transport (cf. Section 2.1.1). Cette étude comprend un ensemble d'enquêtes et de comptages et mène à la publication de quatre fascicules d'une trentaine de pages chacun (SRERP 1970a, 1970b, 1970c, SRERP 1971). Il s'agit des premiers supports destinés à communiquer au grand public une connaissance nouvelle des déplacements en région parisienne. Dans ces quelques 120 pages, il est question de déplacements, de demande de transport, de trafic, de circulation, mais il n'y a aucune occurrence du terme « *mobilité* ». Durant les années 1970, le terme *mobilité* apparaît mais avec des occurrences rares et sous différentes acceptions. À partir de 1975-1976, son usage commence à se développer dans le champ de la socio-économie des transports, mais le terme reste polysémique. On retrouve dans les documents de cette époque une série de commentaires qui illustrent cette équivoque :

« Mobilité : le plus grand flou a existé durant tout le colloque sur cette notion. Il y a mobilité et mobilité : mobilité professionnelle, mobilité résidentielle. Peut-être même que le thème de ce colloque, à savoir la mobilité, n'était qu'un prétexte, le problème de fond étant celui de la planification des transports. »

Note rédigée par J.-J. Ronsac (IAURP), 18 décembre 1975.

« J'avais confondu mobilité [...] avec mobilité résidentielle] je vois qu'il s'agit de tout autre chose, en fait de l'analyse des besoins de transport. »

Note rédigée par M. Gérard (IAURP), le 18 août 1976.

« Pourquoi parle-t-on tant de mobilité aujourd'hui ? Pourquoi ce terme apparaît-il aussi souvent dans les études récentes traitant de transport urbain ? S'agit-il d'une simple mode ou d'une nouvelle façon d'approcher le problème des transports ? »

Note rédigée par M. Boulet (IAURP), le 4 mars 1976.

À travers l'étude des archives conservées par les différentes institutions en présence, il semble que le terme « *mobilité* » vienne de la sociologie et de la psychologie sociale. On le trouve dès la fin des années 1960 dans certains rapports du CREDOC (sans doute sous la plume de Benjamin Matalon) de la SERES (Société d'Études et de Recherches en Sciences Sociales), avec des occurrences rares et polysémiques. On le retrouve, dans un usage récurrent et bien défini, dans les travaux menés par l'Institut de Sociologie Urbaine (1972). Il apparaît de plus en plus fréquemment dans les documents internes des organismes impliqués (IAURP, DREIF, RATP) et finit par se normaliser au début des années 1980, en

particulier avec les publications du CETUR qui marquent l'« urbanisation » de l'ingénierie du trafic (cf. Section 2.1.1).

Ainsi, les principaux dispositifs utilisés encore aujourd'hui pour décrire et modéliser la *mobilité quotidienne* naissent dans un contexte où le terme « mobilité » ne fait pas partie de la batterie de concepts utilisés. La citation de Kaufmann posée plus haut doit être relue en ce sens : la « méthode classique » ne peut pas constituer la première conceptualisation élaborée de la « mobilité quotidienne » puisque ce terme n'existe pas encore, il s'agit de la conceptualisation de la « demande de transport ».

Cette précision a son importance dans la mesure où elle éclaire une confusion inévitable sur l'objet de ces dispositifs techniques : une enquête ménages déplacements peut aujourd'hui être considérée comme un dispositif de quantification de la *mobilité quotidienne*, mais elle est à l'origine un dispositif de quantification de la demande de transport. Il n'est pas évident de déterminer s'il s'agit d'un véritable changement d'objet ou si ce n'est qu'un changement de terme désignant le même objet. En tous cas, ce vocabulaire ne peut être qu'équivoque : avant la fin des années 1970 le terme « mobilité » est rarement utilisé et toujours synonyme de demande de transport. À partir des années 1980 le terme devient de plus en plus fréquent, mais il est utilisé avec deux grands types d'acceptions : dans la littérature académique la mobilité commence à prendre un sens englobant et systémique (Brulhart et Bassand 1981), alors que dans la littérature technique elle reste synonyme de demande de transport. La définition actuelle du CERTU illustre bien cette permanence : « mobilité : nombre moyen de déplacements individuels quotidiens réalisés lors d'un jour ouvrable » (CERTU 1998, p.66).

Les tentatives récentes de théorisation de la mobilité (Urry 2000, Kaufmann 2002) sont anachroniques vis-à-vis de la littérature des années 1950, 1960 et 1970. Elles entrent également en contradiction avec les conceptions de ceux qui introduisent le terme de mobilité dans le champ de la socio-économie des transports. En effet, ceux-ci utilisent ce concept pour enrichir l'approche par les besoins de transport, mais ils ne sont pas pour autant adeptes d'une théorisation qu'ils jugent impossible. Lors des entretiens avec Antoine Haumont et Michel Bonnet, ces derniers expriment en substance ce qu'Antoine Haumont exprimait vingt ans plus tôt dans le débat du colloque « Villes et transports » : « je considère que la mobilité est un “grand sac”, que nous pouvons essayer de décrire. Nous pouvons chercher à identifier ce qui se passe à l'intérieur, essayer de comprendre comment il bouge, où il va, ce qui le fait gonfler ou diminuer. Il peut être un objet de curiosité, de réflexion, de discussion polémique... mais, d'un point de vue scientifique, je ne crois pas que nous puissions en dire beaucoup plus. » Michel Bonnet exprime la même idée avec une autre image :

« Pour moi la mobilité c'est une auberge espagnole, alors que lui [V.Kaufmann] il pense qu'on peut bâtir une définition unique et scientifique de la mobilité. »

Entretien avec Michel Bonnet, 9 décembre 2011.

Durant les années 1960, lorsque la socio-économie des transports était un domaine d'expertise, il n'y avait aucune controverse quant à l'objet de l'expertise. Lorsque, dans les années 1970, la socio-économie des transports se constitue en champ scientifique hétéronome, elle retrouve les caractéristiques de champs similaires comme celui de la recherche urbaine, à savoir une cohabitation entre demande sociale, injonction politique, objectifs opérationnels et recul réflexif. Le champ de la socio-économie des transports (années 1970) et les ondes de ce champ (années 1980) perdent cette certitude quant à l'objet de recherche.

La mobilité devient un mot polysémique pris entre deux feux. D'un côté on assiste à une restriction de sens dans les travaux les plus attachés aux dispositifs de la socio-économie des transports qui font de la mobilité un synonyme de la demande de transport. De l'autre, on assiste à une extension de sens dans les travaux théoriques d'orientation sociologique qui définissent la mobilité comme changement d'état de l'acteur et qui mènent à « déconstruire la synonymie entre déplacement et mobilité » (Kaufmann 2008, p.32). Ces auteurs renouent avec les anciennes définitions de l'École de Chicago : la mobilité conçue comme « changement, expérience nouvelle, stimulation » (cf. Introduction générale).

2.2.2 Déplacement et *lieu-motif*

Les dispositifs décrits précédemment sont construits pour appréhender non pas la mobilité mais la demande de transport. La question qui se pose immédiatement est celle de savoir de quoi est constituée cette demande de transport. Dans l'approche des ingénieurs-économistes des Trente Glorieuses, le transport est considéré comme un bien immatériel caractérisé par une offre et une demande. La demande est connue grâce à l'enquête, puis modélisée en vue d'une action sur l'offre. Entre l'enquête et l'évaluation économique, le modèle fait donc office de médiateur. Ce médiateur génère des objets agrégés, les flux, à partir d'objets de niveau inférieur, les déplacements. Cette génération (1^e étape du modèle) se fait sur la base de stocks de lieux d'activités et de lieux de résidence, et c'est l'étape de distribution (2^e étape) qui répartit les flux entre ces lieux.

Des années 1950 à aujourd'hui, les trois dispositifs - enquête, modèle et évaluation économique - sont construits sur le même objet : le déplacement³⁴ défini comme tout mouvement réalisé sur la voie publique reliant deux lieux définis par l'activité qui s'y déroule. Le critère qui permet de découper le *continuum* mobile en une série discrète de déplacements est le « motif ». Ce dernier désigne bien plus que ce que son nom indique : un *appariement exclusif entre le lieu et le motif* de déplacement.

34. Un nouvel objet apparaît durant les années 1990 à la suite des travaux sur les programmes d'activités issus de la *time-geography* : la boucle ou sortie, définie comme une chaîne de déplacements ancrée sur le domicile (ensemble des déplacements compris entre un départ et un retour au domicile). Même si cet objet semble plus riche que l'objet déplacement, il ne menace toujours pas son monopole pour des raisons explicitées dans le Chapitre 3.

Les instructions aux enquêteurs de la première EMD réalisée en région parisienne insistent sur la nécessité d'assimiler lieux et motifs :

« Les lieux d'origine et de destination à indiquer sont ceux où la personne effectuant le voyage va réellement, tels que domicile, bureau, magasin, théâtre, banque, école, usine, etc... Si, à cause d'encombrements, une personne arrête sa voiture à deux ou trois îlots du lieu où elle veut se rendre, c'est le dernier endroit qu'il faut noter et non le lieu où la voiture est arrêtée. »

Enquête sur les déplacements de personnes dans la région parisienne, Instruction aux enquêteurs, 1965.

Cette assimilation amène à penser que le lieu et le motif ne forment pas deux attributs distincts de l'objet déplacement, mais un seul attribut composite : le *lieu-motif*. Le Chapitre 3 défend l'idée que l'objet déplacement est la clef de voûte des dispositifs techniques de la socio-économie des transports, idée développée à travers des analyses empiriques dans les chapitres, 4, 5 et 6. La stabilité de l'objet déplacement tient en grande partie à cet attribut qui le définit, le *lieu-motif*, qui désigne une activité unique réalisée dans un lieu fixe et unique.

Cette notion implique pourtant une contrainte forte qui interdit (1) de considérer la mobilité comme une activité, (2) de considérer la multiactivité dans un lieu unique, (3) de considérer l'activité durant la mobilité. Les analyses empiriques menées dans la deuxième partie de la thèse (cf. Section 5.2) s'attacheront à mettre à jour ces contraintes, elles montreront aussi que *lieu-motif* est la traduction dans un objet conceptuel d'une certaine vision de l'espace urbain comme collection de zones monofonctionnelles reliées par des infrastructures de transport.

2.2.3 Jour ouvrable type et heure de pointe

L'objectif originel des travaux de socio-économie des transports, qui restera prégnant jusqu'au début des années 1980, est le dimensionnement des infrastructures de transport. Ce dimensionnement est réalisé sur la base du *flux maximum moyen*, ce qui explique l'attention toute particulière portée à l'estimation des flux en *heure de pointe du jour ouvrable type*.

Cet objectif détermine les deux éléments principaux du cadre temporel des dispositifs techniques : le jour ouvrable type et l'heure de pointe. Le jour ouvrable type ou jour moyen est « un jour moyen de semaine [hors] jours fériés, vacances scolaires ou jours particuliers pouvant occasionner une modification des comportements (fortes perturbations climatiques ou grèves des transports collectifs) » (CERTU 1998, p.52).

L'heure de pointe est « l'heure dimensionnante », elle fait l'objet d'une étude approfondie dès le début des années 1960 :

« Pour les usagers c'est à l'heure de pointe que les transports sont les plus inconfortables et posent le plus problème [...] Du point de vue de la collectivité, la capacité à offrir des moyens de transport est conditionnée par l'heure de pointe. »

Entretien avec Pierre Merlin, 21 avril 2011.

Dupuy interprète ce fait comme faisant partie de l'idéologie du modèle de trafic qui garantit ainsi un dimensionnement maximal et donc un développement accru des infrastructures routières. Cette interprétation doit être nuancée puisqu'on retrouve le principe de dimensionnement maximal dans d'autres types de réseaux qui n'ont rien à voir avec le réseau routier, par exemple le réseau électrique ([Coutard 1997](#)) ou le réseau d'évacuation des eaux pluviales ([Chatzis 1997](#))

Il faut replacer cette obsession pour l'heure de pointe dans le contexte d'après-guerre caractérisé par une très forte croissance des mobilités résidentielle, quotidienne et touristique. C'est la période faste de la planification et aussi la plus dirigiste ([Rousso 1986](#)), et l'administration pense pouvoir agir sur les problèmes liés aux grands flux quotidiens dans les agglomérations comme aux grands flux annuels des départs en vacances par la gestion des temps.

L'aménagement des temps sociaux apparaît en France dès la fin des années 1950 pour répondre au problème posé par les heures de pointe dans la gestion et la planification des transports. La question posée à l'Assemblée Nationale en 1959 est explicite : est-ce que le Gouvernement « entend se préoccuper de l'organisation des horaires journaliers dans l'administration, l'industrie et le commerce, afin de permettre un étalement des pointes de transports ? » ([Dreyfous-Ducas 1959](#)). Plusieurs travaux sont menés à cette époque, en particulier dans le cadre du Comité National pour un Aménagement des Temps de Travail et des Temps de Loisirs, pour évaluer l'impact de politiques temporelles sur le réseau de transport ([Meyer 1958](#), [CREDOC 1962](#), [Maquet 1963](#)).

Le cadre temporel ainsi défini exclut de son champ le week-end et les pratiques routinières. Il exclut aussi de son champ les variations annuelles liées au changement des saisons ou aux vacances, ainsi que les variations ponctuelles liées à des événements particuliers. L'enquête ne produit aucune information sur ces aspects, le modèle ne prévoit rien hors de ce cadre et l'évaluation doit en conséquence s'insérer dans ce cadre.

Quant à l'heure de pointe, elle est aussi un élément incontournable du cadre temporel, toujours attaché au jour ouvrable type, qui est de fait divisé en deux catégories : la pointe et le reste des heures de la journée. La sortie du modèle est une prévision du trafic en heure de pointe et le trafic total de la journée est déduit de l'heure de pointe par des coefficients multiplicateurs. Une partie importante de l'information produite par l'enquête n'a de sens que pour nourrir le modèle dans sa prévision du trafic en heure de pointe. L'évaluation

économique se fait en conséquence sur une prévision du trafic quotidien imprécise puisqu'il s'agit d'un résultat secondaire issu de la prévision en heure de pointe.

Le jour ouvrable type est donc le cadre temporel dans lequel évoluent les dispositifs techniques de la socio-économie des transports malgré les nombreuses critiques qu'il a suscité. La prise en compte d'un seul jour ne permet pas de travailler sur les habitudes et les routines intégrant la mobilité dans un mode vie (cf. Section 6.1.2) ; le fait de considérer uniquement le jour ouvrable élimine toute considération sur le week-end³⁵ ; le jour moyen enfin fait fi des fluctuations qui ont lieu tout au long de l'année, et qui diffèrent d'une agglomération à l'autre (Terrier 2006b). Les raisons du maintien du jour ouvrable type malgré tous ces éléments sont détaillées dans le Chapitre 3.

2.2.4 Coût généralisé

Le coût généralisé est une notion utilisée à la fois dans la modélisation des déplacements et dans l'évaluation économique des investissements. Au sein du dispositif de modélisation, il est utilisé à l'étape de distribution comme variable de friction ; il est utilisé à l'étape de choix modal pour distinguer les utilisateurs des différents modes de transport ; il est utilisé à l'étape d'affectation au réseau pour qualifier les chemins les moins coûteux. Au sein du dispositif d'évaluation économique, un projet est évalué par une analyse coût-bénéfice dans laquelle le bénéfice est l'agrégation des économies individuelles de coût généralisé.

Le coût généralisé (ou le temps généralisé) est donc un objet conceptuel majeur des dispositifs techniques de la socio-économie des transports. Il fait le lien entre les trois dispositifs présentés plus haut : calibré grâce à l'enquête, utilisé dans le modèle et dans l'évaluation économique. Il convient donc de disséquer cet objet pour mieux comprendre sa nature et ses implications dans la façon d'appréhender la mobilité. Le coût généralisé (C_g) et le temps généralisé (T_g) sont des valeurs composites qui associent le temps, l'inconfort et le prix attachés à un déplacement :

$$C_g = p + \lambda t$$

$$T_g = t + \frac{p}{\lambda}$$

où p est le coût financier, t est le temps et λ la valeur du temps. Plusieurs types de temps de déplacement sont souvent distingués : temps de parcours, temps d'attente, temps de transfert s'il faut changer de ligne ou de mode de transport, temps passé à chercher

35. Durant l'époque des Trente Glorieuses, les comptages indiquaient une forte croissance des trafics du week-end en région parisienne, mais les enquêtes se limitaient au jour ouvrable (entretiens avec Jean Vivier et avec Joëlle Dreyfus). Finalement, ce n'est qu'en 1991 qu'un questionnaire « Fin de semaine » est introduit dans l'EGT. Les EMD « standard CERTU » continuent de ne prendre en compte que le jour ouvrable.

un stationnement. La valeur du temps peut varier selon le type de temps (parcours, attente), selon les motifs de déplacement ou selon la catégorie sociale des individus (cf. Section 7.1.3).

Nombreuses sont les études qui, depuis le début des années 1960, cherchent à « évaluer l'inconvénient ressenti par l'individu lors de "pertes de temps" » (Mercadal et Matalon 1966, p.8), ces pertes de temps étant définies comme « toute durée que l'individu en question ne pourrait pas souhaiter augmenter, selon toute vraisemblance, sans compensation. » Considérer le temps comme une monnaie n'est pas le propre des économistes, le langage courant est riche en verbes qui véhiculent la même idée : le temps peut être gagné, perdu, économisé ou gaspillé. L'apport de l'économie des transports en ce domaine est de considérer tout temps passé à se déplacer comme un coût et de mettre en équivalence ce temps avec une valeur monétaire.

La revue *Transportation* a accueilli en 1978 un débat sur le coût généralisé entre Phil Goodwin et Alexander Grey (Goodwin 1978, Grey 1978a;b), tous deux spécialistes de l'économie des transports au *Greater London Council*. Grey, qui remet en cause l'utilisation du coût généralisé, le définit comme une façon de mettre en équivalence une grande variété de facteurs influençant les pratiques de mobilité. Goodwin, qui défend l'utilisation du coût généralisé, procède à une mise au point sur cette notion : « Generalised cost is not just an attempt to combine many of "the wide variety of different influences on travel behaviour [...] into just one single index". It is an attempt to relate together a very specific subset of those influences, namely those that have certain common properties. » Il décline ensuite les propriétés communes de ces « influences » qui composent le coût généralisé (p.282) : il s'agit de quelque chose que l'individu mobile *dépense* en une quantité donnée, cette quantité peut faire l'objet d'une mesure objective, la dépense n'apporte en elle-même aucun bénéfice, l'individu peut faire des compromis (*trade-off*) entre les différents composants du coût généralisé, par exemple dépenser plus d'argent pour gagner du temps ou dépenser plus de temps pour gagner de l'argent.

Le coût généralisé est avant tout un objet conceptuel qui recueille la mise en équivalence de différents éléments attachés à la mobilité. La défense comme la critique du coût généralisé portent sur sa caractéristique première : il crée un espace de *commensurabilité*, il *mesure ensemble* des choses distinctes. Des précisions sont nécessaires pour bien saisir les enjeux de l'opération, il n'y a pas un mais trois niveaux de commensurabilité :

1. La *commensurabilité intra-individuelle* désigne la mise en équivalence de choses distinctes au sein des pratiques d'un même individu : du temps, de l'argent et de l'inconfort.
2. La *commensurabilité inter-individuelle* désigne la mise en équivalence du coût des individus les uns avec les autres, ce qui permet d'additionner les coûts et les bénéfices de tous les individus.

3. La *commensurabilité inter-dispositifs* désigne la mise en équivalence du bénéfice apporté par une infrastructure de transport entre le dispositif de modélisation et celui d'évaluation économique. Ce même coût est injecté dans les deux dispositifs, il influe sur la distribution des déplacements, le choix modal et le choix de l'itinéraire (étapes 2, 3 et 4 du modèle) et il est monétarisé par le dispositif d'évaluation économique.

Ce qui rend possible la mise en équivalence de choses distinctes à ces trois niveaux, le critère de commensurabilité, est que seul l'aspect négatif de la mobilité est retenu. Ceci revient à considérer la mobilité comme *agrégat de temps et d'argent à économiser* au niveau individuel (chaque individu veut l'économiser) et au niveau collectif (la société veut le minimiser). La mise en place et le maintien de l'objet conceptuel coût généralisé a une traduction spatiale simple : minimiser cet agrégat c'est essentiellement gagner du temps, gagner du temps c'est essentiellement augmenter la vitesse sur le réseau. Ce mécanisme est exploré dans la troisième partie de la thèse.

Bien sûr l'enchaînement logique s'avère faux parce que les « gains de temps » sont réinvestis et se traduisent par un allongement des distances. Le fait est largement documenté depuis les années 1970 (cf. Section 7.1.3) mais l'objet conceptuel coût généralisé, avec l'enchaînement logique qu'il implique, est robuste et se maintient malgré les remises en cause.

Conclusion

Ce chapitre présente les principaux dispositifs techniques et objets conceptuels de la socio-économie des transports. Il propose une typologie générique des dispositifs de quantification, il détaille les origines et le fonctionnement de la modélisation à quatre étape et il insiste sur l'importance du coût généralisé dans les dispositifs de modélisation et d'évaluation économique.

Selon Desrosière, la quantification inclut un double travail de *convention*, de définition collective d'objets conceptuels puis de *mesure* des objets convenus. La mise en place des conventions est rarement étudiée en tant que telle. Cette étude est pourtant nécessaire pour comprendre comment des objets conceptuels interagissent les uns avec les autres et finissent par constituer une véritable mise en forme de la *mobilité quotidienne*. En effet, les traitements de données et les discours qui s'en nourrissent reviennent rarement sur les objets conceptuels fondamentaux tels que le déplacement, le motif de déplacement ou le jour ouvrable type. Ces objets doivent pourtant être décortiqués parce qu'ils « ménagent un chemin » (cf. Chapitre 4) à l'interprétation en encapsulant une certaine image de la *mobilité quotidienne*.

Ce chapitre introduit donc les objets et les dispositifs, nécessaire préalable à l'étude des mécanismes qui assurent leur stabilité au cours du temps (cf. Chapitre 3). L'idée amorcée

ici est qu'il y a un processus de réification des concepts permettant d'appréhender la *mobilité quotidienne*. Les objets conceptuels créés et agencés au sein des dispositifs de quantification, de modélisation et d'évaluation économique forment un système dont les mécanismes et les interrelations expliquent la stabilité.

C'est au sein de ce système que se forme une certaine image de la *mobilité quotidienne*, image très dépendante des dispositifs techniques et des assemblages d'objets conceptuels qui les font fonctionner. Cette idée est discutée dans la deuxième partie de la thèse à travers un ensemble d'analyses empiriques qui cherchent d'autres assemblages : par exemple, considérer la mobilité comme une activité, et non comme un entre-deux ; se focaliser sur l'individu et non sur le ménage ou sur le déplacement ; pouvoir découpler le lieu et l'activité qui ont été jusqu'à présent associés avec la notion de *lieu-motif*. Avant de proposer ces analyses empiriques, il reste à mener une analyse théorique plus détaillée des relations inter-objets et inter-dispositifs. C'est l'objet du chapitre qui suit.

CHAPITRE 3

Stabilisation des objets conceptuels et des dispositifs techniques de la socio-économie des transports

Introduction	74
3.1 La matrice technique	75
3.1.1 Un tissu de relations fonctionnelles	75
3.1.2 La symbiose entre les navettes domicile-travail et la socio- économie des transports	78
3.2 L'interopérabilité et la stabilisation	82
3.2.1 Équivalence	83
3.2.2 Interdépendance	86
3.2.3 Transfert	88
3.3 L'évolution de la <i>matrice technique</i>	94
Conclusion	95

Introduction

Trois grands dispositifs ont été étudiés précédemment : un dispositif de quantification de la *mobilité quotidienne*, un dispositif de modélisation et un dispositif d'évaluation économique. Il s'agit ici d'appliquer à ces dispositifs les énoncés proposés comme hypothèses dans le Chapitre 1. D'abord, (1) les objets conceptuels peuvent circuler entre les trois dispositifs techniques et, lorsque c'est le cas, ils le font par paquets. Ensuite, (2) plus les relations entre dispositifs techniques sont intriquées plus l'ensemble se stabilise, ensemble comprenant les objets conceptuels et les dispositifs techniques eux-mêmes.

Le chapitre précédent est parti du postulat que les trois dispositifs présentés formaient un tout cohérent. Ce chapitre commence par délimiter cet ensemble de dispositifs et en justifie la cohérence. L'idée développée ici est qu'un dispositif technique ne peut être appréhendé isolément, sans tenir compte du système dans lequel il s'inscrit. Les dispositifs sont souvent décrits dans leur forme, c'est-à-dire leurs spécifications techniques, mais rarement dans leur usage. Or, ils ne sont pas utilisés en tant que tels, indépendamment les uns des autres, mais en tant qu'ils font partie d'un ensemble de dispositifs. Ainsi, le modèle de prévision n'existe pas sans le dispositif qui produit les données, de même que l'évaluation économique n'existe pas sans modèle de prévision.

Ce chapitre propose le concept de *matrice technique* pour décrire cet ensemble de trois dispositifs. L'existence de cette matrice est appuyée par l'examen de relations d'interopérabilité entre les trois dispositifs. Trois types de relations sont distinguées : les relations d'équivalence, d'interdépendance et de transfert.

C'est au prisme de ces différents types de relations que les deux énoncés ci-dessus sont examinés, fournissant par là (1) une explication de la stabilité des dispositifs techniques et des objets conceptuels au cours du temps et (2) un focus sur les mécanismes qui façonnent une certaine image de la *mobilité quotidienne*.

3.1 La matrice technique

« *L'outil n'est réellement que dans le geste qui le rend techniquement efficace.* »

ANDRÉ LEROI-GOURHAN, 1965

L'anthropologie des techniques s'intéresse à la forme, au rôle et à l'usage des objets techniques. « L'objet technique ne peut pas plus être confondu avec un dispositif matériel qu'avec l'ensemble des usages "remplis" par ce dispositif : il se définit très exactement comme le rapport construit entre ces deux termes » (Akrich 1987, p.206). Ce constat est directement applicable aux dispositifs techniques étudiés ici. Par exemple, le dispositif de modélisation ne peut être décrit seulement en précisant son formalisme mathématique, ses entrées et ses sorties, il faut nécessairement passer par ses usages pour en comprendre la nature.

Ceci mène au second constat inspiré des travaux d'anthropologie des techniques : un objet technique ne peut être appréhendé isolément, sans prendre en compte le système dans lequel il s'inscrit. Le chapitre précédent a détaillé la forme de certains dispositifs de la socio-économie des transports en postulant qu'ils formaient un tout cohérent. Cette section apporte une délimitation de ce système de dispositifs ainsi qu'une justification de sa cohérence.

3.1.1 Un tissu de relations fonctionnelles

Trois grands dispositifs ont été étudiés précédemment : un dispositif de quantification de la *mobilité quotidienne*, un dispositif de modélisation et un dispositif d'évaluation économique. Je propose ici l'idée que ces trois dispositifs forment une *matrice technique* dont la cohérence tient aux relations de dépendance fonctionnelle qu'ils entretiennent. Le choix du terme de « matrice » (dérivé du latin *mater*), plutôt que ceux de « système » ou de « complexe » utilisés en anthropologie des techniques, se justifie par deux caractéristiques développées dans ce chapitre : elle donne naissance et elle entoure. C'est en son sein que prennent naissance les principaux objets conceptuels de la socio-économie des transports et c'est dans son cadre que se définissent ses principaux questionnements (Commenges 2013b).

La *matrice technique* est définie comme un ensemble de dispositifs techniques « qui se tient »³⁶, c'est-à-dire dont chaque dispositif est relié aux autres par des relations durables qui assurent la stabilité de l'ensemble. L'enquête, le modèle et l'évaluation économique constituent bien une *matrice technique* ainsi définie. En effet, ces trois

36. « Tenir » et « se tenir » sont des verbes récurrents chez Thévenot et Desrosières. Ils sont utilisés pour désigner l'objectif ou le résultat du travail statistique : « donner forme au chaos », « dépasser la contingence des cas singuliers et des circonstances, et fabriquer des *choses qui tiennent*, dotées de généralité et de permanence » (Desrosières 1989, p.229).

dispositifs apparaissent au même moment, dans le même milieu et se maintiennent dans leur forme jusqu'au début des années 1980 sans connaître d'évolutions majeures. Ces dispositifs se maintiennent à la fois dans leur essence et dans les relations qu'ils établissent entre eux. La *matrice technique* est plus que la juxtaposition des trois dispositifs techniques : elle forme un tout rendu cohérent par le tissu de relations qui les unissent (cf. Figure 3.1).

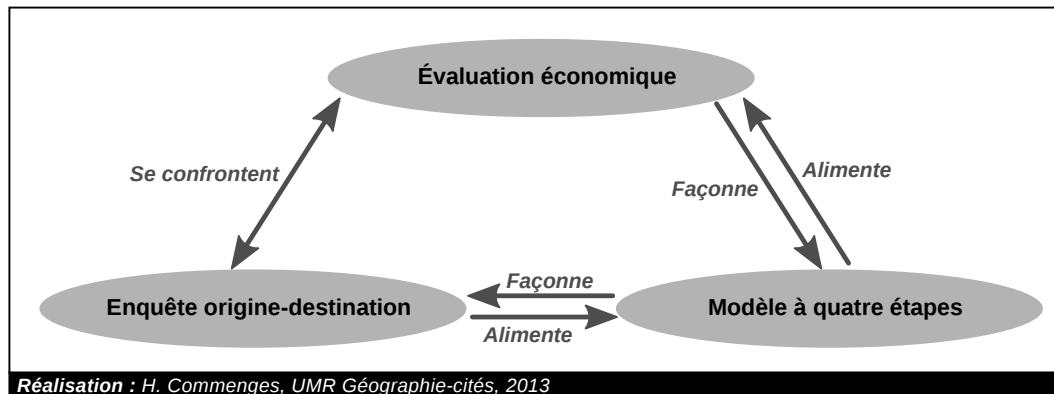


Fig 3.1 – Interrelations des trois dispositifs au sein de la *matrice technique*

Le lien qui unit l'enquête au modèle formalise le passage d'une mesure de la situation présente à une mesure de possibles situations futures. L'enquête (situation présente) alimente le modèle (situations futures) en fournissant les informations nécessaires à la préparation et au calage de celui-ci. Par son degré de précision l'enquête détermine en grande partie la précision possible du modèle : d'abord la *précision technique* de l'enquête fixe la précision maximale que peut atteindre le modèle, la taille de l'échantillon en particulier revêt une grande importance dans la précision de l'évaluation des déplacements générés. Ensuite, la *précision sémantique* de l'enquête intervient dans la précision des modèles : certains objets produits par l'enquête et certains attributs de ces objets sont nécessaires pour appliquer des méthodes plus fines de modélisation, en particulier dans des modèles désagrégés. Enfin, la *granularité* de l'enquête, c'est-à-dire la finesse du « repérage spatial » (Bonnell *et al.* 1994), conjointement avec la taille de l'échantillon, fixe le niveau de désagrégation spatiale maximum du modèle. Cette relation est à double sens : le modèle façonne à son tour la nature et le contenu de l'enquête, puisque celle-ci est à l'origine principalement destinée à nourrir le modèle. Il s'agit d'une relation dialogique entre deux dispositifs interdépendants qui a de nombreuses implications sur leur contenu et leur fonctionnement.

Le lien qui unit le modèle à l'évaluation formalise le passage de la modélisation d'un futur possible à l'aide à la décision. L'évaluation économique s'alimente en effet de la prévision de la demande qui correspond à la sortie du modèle. Pour pouvoir faire cette évaluation, il faut que le modèle permette de comparer des alternatives, pour une même liaison entre deux projets concurrents, entre deux itinéraires avec le même mode, entre deux

modes concurrents, entre des opérations indépendantes dans l'espace³⁷. Certains auteurs ont « considéré que les problèmes de prévision et d'évaluation étaient séparables » (Bloy *et al.* 1977, p.1). Cependant, il s'agit d'un parti pris méthodologique qui vise à délimiter le champ d'étude (l'évaluation économique) en faisant abstraction des interdépendances entre les deux dispositifs de modélisation et d'évaluation. Comme pour la relation enquête-modèle, la relation modèle-évaluation est à double sens : le modèle est destiné à nourrir l'évaluation qui le façonne en retour.

Le lien unissant l'évaluation à l'enquête est de nature différente, et il est sans doute le plus problématique. Il consiste à confronter un avant et un après prise de décision à la mesure de la situation présente et future. Que l'évaluation économique d'un choix d'investissement se fasse *a priori* (évaluation *ex-ante*) ou *a posteriori* (évaluation *ex-post*), elle est confrontée aux données empiriques produites par l'enquête. Dans le premier cas, la prévision est la sortie du modèle qui est calibré sur les données empiriques avant mise en service de l'infrastructure. Dans le second cas, les données empiriques produites après mise en service de l'infrastructure seront comparées aux données produites avant la mise en service. Il s'agit là encore d'une relation à double sens puisque la mesure (l'enquête) sert à juger de la qualité de l'évaluation et que l'évaluation est confrontée aux données produites par l'instrument de mesure qu'elle a contribué à façonner.

Il convient également de signaler le rôle du coût généralisé au sein de ce tissu de relations : il est l'unité de compte de l'évaluation économique mais aussi l'une des variables utilisées à plusieurs étapes du modèle (cf. Section 3.2.2 et Section 3.2.3). À l'étape de distribution par exemple, le composant dissuasif du modèle gravitaire n'est pas simplement la distance entre zones, c'est un coût généralisé formulé dans une fonction dite d'impédance. Il intervient aussi à l'étape de choix modal et à l'étape d'affectation. En effet, les trois dernières étapes du modèle formalisent des choix (choix de la destination, choix du mode, choix de l'itinéraire), et ces choix sont fondés sur des fonctions mettant en jeu la notion de coût généralisé.

Le calcul du coût généralisé, qui est la base de l'évaluation économique, consiste en une mise en équivalence d'éléments de natures diverses : les temps de parcours, d'attente, les prix ou le confort (cf. Section 2.2.4). Cette mise en équivalence est fondée sur les préférences révélées par les comportements recueillis dans l'enquête de mobilité. On observe que les individus échangent du temps contre de l'argent, ou l'inverse, et on calcule la « valeur du temps ». Durant les années 1960, plusieurs études sont réalisées, en particulier au CREDOC et à l'IAURP, visant à donner une valeur du temps. Dans toutes ces études, le calcul est réalisé à partir de préférences révélées (*revealed preference*). En effet, les méthodes de « préférences déclarées » ont été longtemps rejetées par les ingénieurs-économistes : « dès que le consommateur a la parole, l'économiste ne le croit pas et l'ingénieur s'en moque » (Paterson, cité par Banos 2001, p.98).

37. Il existe une gradation dans le degré de comparaison possible entre ces différents types d'alternatives : « comparer », « fournir *les* éléments de comparaison », « fournir *des* éléments de comparaison » (Bloy *et al.* 1977).

Les trois dispositifs techniques constituent donc un tout rendu cohérent par le tissu de relations qui les unissent. Avant d'aborder le détail de ces relations, il convient d'examiner la place d'un dispositif à première vue périphérique vis-à-vis de la *matrice technique* : le dispositif qui produit les navettes domicile-travail. Est-il vraiment périphérique, ou fait-il pleinement partie du trio mentionné ?

3.1.2 La symbiose entre les navettes domicile-travail et la socio-économie des transports

Le recensement de la population produit des navettes domicile-travail depuis la fin du XIX^e. Il s'agit donc d'un dispositif de quantification qui pré-existe à l'introduction des instruments de l'ingénierie du trafic américaine. L'objet navette est issu du lien réalisé au niveau individuel entre lieu de résidence et lieu de travail. Ce lien est rendu possible par l'introduction d'une question portant sur la localisation du lieu de travail dans le recensement de 1896 (cf. Section 2.1.1). Le premier document d'étude des navettes date de 1932 (Bunle 1932), date à laquelle le recensement de la population (RP) peut être considéré comme un dispositif de quantification de la *mobilité quotidienne* à travers l'objet navette.

L'objet statistique *navette* naît donc indépendamment des dispositifs américains de l'ingénierie du trafic. À partir des années 1950, cet objet connaît un développement rapide dans le domaine des études de démographie, d'économie, de géographie et de transport. Cet essor doit être rattaché à l'émergence d'une problématique majeure dans les études territoriales, et plus particulièrement les études urbaines : la problématique du déséquilibre. Dans un contexte de planification rationnelle, qui prétend ne rien laisser au hasard (Massé 1965), on assiste à une co-construction en trois volets : développer un discours sur le déséquilibre, consolider les dispositifs permettant de le quantifier, imaginer des politiques publiques pour lutter contre ses conséquences jugées néfastes.

Le discours sur le déséquilibre s'inscrit dans le cadre d'une réactivation des traditionnelles métaphores organiques et machinistes de la ville (Claval 1980) : « quand une ville est en mauvaise santé, elle connaît la gangrène et la congestion, c'est-à-dire les taudis et les embouteillages » (Chevalier 1956, citation de Pierre Sudreau, p.633). L'idée de la ville comme organisme malade est couplée avec la rhétorique du déséquilibre, popularisée par Le Corbusier (1957, (1943)) puis par J.-F. Gravier (1947) et largement reprise par les aménageurs de l'après-guerre (Cohen 2004). La Charte d'Athènes en fait un thème récurrent dans les sections sur le travail, l'habitation et la circulation : « la rupture avec l'ancienne organisation du travail a créé un désordre indicible [...] le grand mal de l'époque actuelle en est issu : le nomadisme des populations ouvrières » (Le Corbusier 1957, p.66) ; « les rapports normaux sont rompus entre ces deux fonctions essentielles de la vie : habiter, travailler » (p.67) ; « le désordre apporté par le machinisme dans un état qui comportait jusque-là une harmonie relative » (p.96).

Les navettes ne sont pas un objet d'étude en soi mais en tant que symptôme d'autre chose : le déséquilibre dans la localisation des logements et des activités. La plupart des travaux des années 1950 et 1960 traitant des navettes adoptent une approche commune : l'étude de la répartition des lieux de résidence et des lieux de travail.

« Cette étude n'a pas la prétention d'avoir épuisé, sur le plan statistique, tous les aspects de la localisation des lieux de travail et des zones d'habitation dans la région parisienne. En conclusion, nous nous garderons d'exagérer l'importance des déséquilibres géographiques existant entre les uns et les autres. Mais, pour autant que de tels déséquilibres existent effectivement, il importe de les atténuer et surtout d'enrayer leur extension. »

Lucien Flaus, 1953 (p.119)

La discussion issue de ce travail sur les navettes, rapportée dans le numéro du *Journal de la Société Statistique de Paris* (Flaus 1953), ne porte pas sur les navettes elles-mêmes. Elle porte exclusivement sur le « rétablissement de l'équilibre géographique entre les lieux de travail et les zones d'habitation » (p.120) et sur les expériences de décentralisation industrielle.

Dix ans plus tard, Pierre Merlin entre à l'IAURP et commence sa thèse d'État sur *Les transports parisiens* (Merlin 1967). Dans cette thèse, il ouvre la partie sur les migrations alternantes par un chapitre intitulé « Répartition géographique des emplois et des populations, cause des migrations alternantes ». À la même époque, la SEMA construit un modèle alimenté non par les navettes elles-mêmes mais par les localisations des lieux de résidence et des lieux d'emploi (SEMA 1963). Tous ces éléments attestent que l'objet d'étude principal n'est pas la mobilité elle-même, mais le déséquilibre territorial dont les navettes sont le symptôme. Dans la littérature anglo-saxonne, cette problématique du déséquilibre est mise en avant à la même époque par John F. Kain (1968) sous le nom de *spatial mismatch hypothesis*. D'innombrables travaux de géographie, de sociologie et d'économie s'inscriront dans cette lignée, dont John Kain (2004) a récemment fait la synthèse.

Que ce soit dans la littérature francophone ou anglo-saxonne, ce déséquilibre (*mismatch*) s'applique exclusivement à la répartition des lieux de résidence et des lieux de travail. S'il y a une grande variété dans les populations étudiées (disparités socio-professionnelles, ethniques, de genre), tous ces travaux sont teintés, de fait, d'une vision économiste par le dispositif statistique qu'ils mobilisent.

Le déséquilibre domicile-travail a pour effet la saturation des réseaux de transport. À la fin des années 1950, le problème des transports prend de l'importance dans le débat public (Dreyfous-Ducas 1959) et mène à la création de groupes de travail et de comités spécialisés, comme le Comité National pour l'Aménagement des Horaires de Travail en 1958 (Allain 2007). Dans les années qui suivent sa création, le CNAT réalise plusieurs études sur les déplacements et les horaires de travail (Maquet 1963, CNAT 1964).

C'est ici que la socio-économie des transports fait son entrée en tant que domaine d'expertise destiné à gérer ce problème de saturation des réseaux de transport. Des liens se forment dès le début des années 1960 entre les ingénieurs-économistes spécialistes des transports et le dispositif de production des navettes domicile-travail. Les documents produits à cette époque montrent une collaboration étroite entre l'ingénierie du trafic (SERC, IAURP) et l'INSEE ([Goldberg 1964](#), [SERC 1966](#)), ce qui est confirmé par les entretiens avec Serge Goldberg, Pierre Merlin et Michel Barbier qui mentionnent la présence permanente d'un technicien détaché de l'INSEE à l'IAURP.

Cette collaboration mène à un renforcement du dispositif de recueil des navettes au recensement de 1962, par l'intermédiaire d'un questionnaire complémentaire sur les transports. Il s'agit d'un feuillet de quatre pages adressé à tous les actifs occupés du ménage qui renseigne sur les véhicules à disposition, le lieu de travail précis (rue et numéro de rue), les différents moyens de transport utilisés habituellement pour réaliser le déplacement domicile-travail (il est possible de renseigner jusqu'à quatre moyens de transport constituant un déplacement multimodal), les heures de début et de fin de travail, la durée du trajet et le fait de rentrer déjeuner à domicile ([Merlin 1967](#), p.114). Le dispositif de production des navettes pré-existe aux instruments de la socio-économie des transports. Cependant, les ingénieurs-économistes se l'approprient dès la fin des années 1950, non seulement en tant qu'utilisateurs privilégiés et mais aussi en tant que co-producteurs.

L'objet navette aurait très bien pu rester en marge de la socio-économie des transports qui disposait de dispositifs techniques adaptés à son usage. Or, on observe une véritable intégration du dispositif de production des navettes dans la *matrice technique* de la socio-économie des transports. Cette intégration s'explique par plusieurs raisons. La première est que l'ingénierie du trafic se focalise sur les actifs occupés (cf. Section [4.3.3](#) et Section [7.2.3](#)). La ville est vue comme un système dont le bon fonctionnement garantit la productivité : « this is the image of the city as a productive society. If the city can be made more productive, then its residents ought all to benefit from this » ([Carroll 1962](#), p.18).

Au milieu des années 1950, les ingénieurs de Ponts et Chaussées de la première vague sont envoyés aux États-Unis pour faire des études d'ingénierie du trafic (cf. Section [1.3](#)). Les suivants, en revanche, y font des études de recherche opérationnelle. Ce changement montre bien l'orientation prise dans le domaine d'expertise sur les transports, il s'agit d'optimiser la ville conçue comme système productif. Dans ce cadre, toute l'attention est portée sur la population active. L'analyse marxiste, si elle est réductrice, n'en est pas moins éclairante : la planification des transports peut-être considérée comme l'optimisation d'un système de mobilisation de la main d'œuvre ([Bonnet 1978](#)).

Les actifs occupés ne sont pas « importants » en tant qu'individus, ils sont importants en tant qu'ils sont responsables des flux importants. La distinction faite dans le célèbre Rapport Buchanan (1963) entre « trafic essentiel » et « trafic optionnel » est claire là-dessus, elle illustre une conception partagée par tous les acteurs impliqués, quel que soit leur positionnement vis-à-vis de l'automobile : « *Essential traffic* is the business, commercial and industrial traffic which is necessary to service and maintain the life of a

community. *Optional traffic* is the traffic arising from the exercise of a choice » (Rapport Buchanan, cité par [Beesley et Kain 1964](#), p.200).

Ainsi, les dispositifs de quantification américains importés en France avaient une marge de liberté dans la définition de leur champ sans bouleverser le système de collecte des navettes. Pourtant, ils continuent de se focaliser sur les actifs occupés, et cela de deux façons différentes : soit ils s'intéressent uniquement à cette catégorie de population ; soit ils établissent une partition du questionnaire entre un tronc commun, destiné à l'ensemble de la population, et un questionnaire « complémentaire », qui est parfois plus long que le tronc commun et qui ne s'adresse qu'aux actifs occupés (cas de l'enquête pilote de 1965, cf. Section [2.1.1](#)).

La seconde raison expliquant la pleine intégration du dispositif de production des navettes dans la *matrice technique* tient à la focalisation sur l'heure de pointe du jour ouvrable type (cf. Section [2.2.3](#)). Les méthodes importées des États-Unis visent avant tout à calibrer des infrastructures de transport. Le calibrage se fait sur des critères de dimensionnement : les déplacements domicile-travail sont les déplacements « dimensionnants », l'heure de pointe est l'heure « dimensionnante ».

Pierre Merlin résume très clairement cette approche : « les migrations alternantes présentent un intérêt indéniable parce qu'elles constituent l'essentiel des déplacements effectués à l'heure de pointe et que c'est le nombre de ceux-ci qui entraîne la congestion du réseau de circulation parisien et qui conditionne l'ampleur des aménagements nécessaires » ([Merlin 1967](#), p.113). Les précisions apportées par Merlin à ce propos sont éclairantes : il insiste sur le fait qu'il n'entend pas négliger les déplacements *autres*, que ces déplacements « constituent, globalement, la majeure partie de la demande de transports urbains », mais que cette demande « n'intervient que marginalement sur la capacité à donner aux réseaux » (p.263). Les déplacements autres constituent donc une *majorité silencieuse* qui, pour des impératifs de planification des transports, laissent en première place les déplacements domicile-travail.

3.2 L'interopérabilité et la stabilisation

« Douterait-on que les cohérences soient indispensables ? L'aluminium sans l'électricité et l'électrolyse, l'avion sans l'aluminium ou sans la radio ? Les exemples sont multiples. »

BERTRAND GILLE, 1965

L'enquête, le modèle et l'évaluation forment donc un ensemble cohérent et intégré dont l'objectif reflète la philosophie des institutions de cette époque, et en particulier du Commissariat général au Plan. Le Plan, dans les termes de Pierre Massé, commissaire entre 1959 et 1966, c'est « l'anti-hasard » (Massé 1965). C'est donc pour appuyer la rationalité de la prise de décision qu'existe cette matrice de trois dispositifs, dont l'intégration est telle qu'elle a pu entraîner une confusion :

« On a trop facilement confondu l'outil modèle et l'outil enquête avec le raisonnement d'évaluation. »

Entretien avec Oliver-Paul Dubois-Taine, 15 avril 2011.

Cette confusion est le résultat des relations entre dispositifs qui viennent d'être explicitées. C'est tout l'intérêt de considérer qu'il existe une *matrice technique* constituée de trois dispositifs et que c'est au sein de cette matrice, et non au sein de chaque dispositif pris isolément, que peuvent être compris les principaux objets et méthodes de la socio-économie des transports. En effet, pour que ces relations existent il faut des objets communs qui puissent circuler d'un dispositif à l'autre.

Pour qualifier cette circulation inter-dispositifs et ses implications, la distinction faite dans le domaine de l'informatique entre compatibilité, standard de fait et interopérabilité semble pertinente. La compatibilité est définie comme la capacité de deux dispositifs à communiquer ensemble. Le standard de fait est la situation dans laquelle plusieurs dispositifs se rendent compatibles avec un dispositif dominant. L'interopérabilité est la capacité que possèdent plusieurs dispositifs à fonctionner conjointement, « grâce à l'utilisation de langages et de protocoles communs, et à donner accès à leurs ressources de façon réciproque » (Feyler 2007, p.87). La première définition n'est pas applicable à un système à trois dispositifs, la seconde n'est pas applicable à la *matrice technique* car aucun des trois dispositifs ne domine les deux autres au point qu'il détermine unilatéralement leur contenu. C'est bien la troisième définition, celle de l'interopérabilité, qui s'applique à la matrice enquête-modèle-évaluation.

Les sections suivantes détaillent les mécanismes d'interopérabilité ainsi que les conséquences qu'implique un système interopérable pour les dispositifs qui le composent.

3.2.1 Équivalence

Plusieurs travaux ont traité des relations qu’entretiennent ces dispositifs mettant en avant certaines de ces relations : l’impossibilité de faire évoluer les pratiques de modélisation sans modifier le dispositif d’enquête (Bonnell *et al.* 1994), ou encore la nécessaire mise en cohérence des pratiques de modélisation et des procédures d’évaluation (MELT-MEF 2007).

En fait, les relations inter-dispositifs mises en avant ont toujours trait à la nécessaire *équivalence de précision* dans le passage d’un dispositif à un autre. Cette question d’équivalence de précision prend deux formes principales : la sophistication et la granularité. La granularité est le degré de désagrégation spatiale maximale induite par la finesse du zonage, la sophistication concerne la précision sémantique des dispositifs (précision des attributs des ménages, des individus, des déplacements) et leur précision technique (taille de l’échantillon, méthodes d’échantillonnage, modélisation des rétroactions). L’équivalence de précision est une question récurrente, qu’évoquent plusieurs des personnes interrogées, parfois à plusieurs reprises lors d’un même entretien :

« Il faut toujours vérifier que le degré de complexité auquel nous arrivons est en relation avec les paramètres d’action qu’on a. [...] Si vous disposez seulement d’un marteau pilon, ce n’est pas la peine de découper le saucisson en rondelles, il sera écrasé exactement de la même manière. Par contre si vous avez un scalpel, ça vaut la peine de découper des tranches de façon très précise. »

Entretien avec Georges Mercadal, 2 mai 2011.

Les personnes interrogées mentionnent souvent un décalage entre le dispositif de quantification et le dispositif de modélisation. Ce décalage semble avoir été particulièrement marqué durant les années 1960, lorsque les grands bureaux d’études tels que la SEMA (cf. Section 1.3) appliquaient des modèles théoriques issus de la recherche opérationnelle dans un contexte où les données étaient lacunaires :

« Ils [la SEMA] faisaient des modèles avec de nombreux paramètres, théoriquement parfaits mais impossibles à utiliser parce qu’on avait jamais les données pour donner des valeurs à tous les paramètres. »

Entretien avec Michel Frybourg, 26 avril 2011.

« Les modèles [de la SEMA] étaient très sophistiqués alors que les données pour en vérifier la cohérence et les tester étaient presque inexistantes. »

Entretien avec Olivier Paul-Dubois-Taine, 15 avril 2011.

La relation d’équivalence fait tenir les trois dispositifs ensemble tout en maintenant le dispositif de modélisation dans une forme simple, malgré les forces qui tendraient

à le sophistiquer toujours plus. Il y a, dès le début des années 1960, un décalage entre d'un côté les grands bureaux d'études qui disposent d'une grande compétence en recherche opérationnelle non attachée à des attributions opérationnelles et de l'autre les administrations qui veulent conserver une équivalence entre la précision du dispositif de modélisation, la disponibilité des données et les moyens d'action. Michel Frybourg insiste longuement sur ce point :

« En rase campagne, on faisait un modèle gravitaire et on travaillait avec des villes qui étaient caractérisées par leur population. Le coût du transport se traduisait en temps et en coût s'il y avait des péages. Bien entendu les gens de la SEMA disaient que ces modèles étaient primaires et ils inventaient des modèles théoriques parfaits, avec l'âge du capitaine et tout ce qu'on veut. On leur répondait "c'est très bien, mais comme vous n'avez pas de données pour implémenter le modèle je ne vois pas en quoi ça améliore quoi que ce soit". Alors que les populations on les connaît. Si vous voulez, vous pouvez toujours imaginer des modèles soi-disant explicatifs qui seraient merveilleux, mais si vous n'avez pas les données pour les implémenter ça ne sert à rien. Donc on est bien obligés de partir de modèles relativement simples. Évidemment pour les gens formés aux mathématiques appliqués c'est frustrant, mais ça ne résout pas nos problèmes à nous, paysans du Danube. »

Entretien avec Michel Frybourg, 26 avril 2011.

La relation entre le dispositif d'enquête et le dispositif de modélisation n'est pas à sens unique de type « le modèle doit prendre une certaine forme pour conserver la relation d'équivalence avec les données empiriques disponibles » (Enquête \Rightarrow Modèle). On trouve dans les archives des compte-rendus de réunion autour de la mise en place des éditions successives de l'Enquête Globale Transport (EGT) qui suggèrent l'existence d'une relation en sens inverse (Modèle \Rightarrow Enquête) : l'enquête doit prendre une certaine forme pour conserver la relation d'équivalence avec le modèle.

Cette relation fait l'objet d'un débat récurrent entre la Direction de l'Équipement (DREIF) et l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île-de-France (IAURIF) :

« M. Berney [IAURIF] fait savoir que l'existence de l'EGT a toujours représenté un obstacle aux demandes de crédit qui étaient faites pour des enquêtes spécifiques. »

Compte-rendu de la réunion du 8 octobre 1982 (archives de l'IAURIF).

Cette affirmation, difficile à comprendre *a posteriori*, fait l'objet d'un éclaircissement dans une note interne datée du même mois d'octobre 1982 :

« Je pense qu'on peut distinguer deux types d'éléments se rattachant aux catégories suivantes :

- *des données de cadrage telles que mobilité générale, motifs de déplacement et moyens de transport utilisés [...] L'enquête EGT proposée par la DRE est susceptible de répondre à cette préoccupation mais en mettant en œuvre des moyens vraisemblablement surabondants ;*
- *des données spécifiques concernant tel projet particulier ou tel aspect particulier des problèmes de déplacements [...] On peut craindre que l'enquête EGT proposée soit très généralement impropre à satisfaire ce genre de besoin en données.*

On peut se demander si l'enquête EGT ainsi conçue n'est pas, en définitive, une cote mal taillée : inutilement fine pour les besoins en éléments globaux, insuffisamment détaillée pour éviter la nécessité des enquêtes spécifiques.

Il est vrai que des raisons liées à l'utilisation de modèles, comme la Chaîne Globale [i.e. le modèle de prévision] de la DRE ou celle de la RATP, pourraient être évoquées. Ceci demanderait une discussion sortant du cadre de cette note, mais qui sera sans doute engagée au sein du groupe de travail. Très brièvement sur ce point, il me paraît que la fiabilité des résultats à attendre de ces outils est insuffisante pour que leur alimentation en données statistiques constitue un argument solide en faveur d'une enquête demandant de tels moyens financiers. »

Note rédigée par P. Pommellet (IAURIF), le 7 octobre 1982.

Sur le budget de 7 millions de francs prévu pour l'EGT 1983, l'IAURIF propose d'en destiner une petite partie à une « enquête de cadrage régional » et d'en conserver la majeure partie pour des « enquêtes spécifiques » dont il a la spécialité : enquêtes sur un thème précis (le stationnement ou l'accès aux établissements hospitaliers par exemple) ou sur un site particulier (une ville nouvelle, une gare importante).

Au-delà des aspects d'équivalence, les relations entre les trois dispositifs semblent avoir été peu prises en compte, alors qu'elles ont de lourdes implications : implications sur l'usage qui est fait de chacun des dispositifs d'abord ; ensuite, sur le contenu des dispositifs, à savoir sur les objets conceptuels qui assurent leur fonctionnement ; enfin, sur la pérennité de l'ensemble.

3.2.2 Interdépendance

Les trois dispositifs sont également liés par des relations d'interdépendance. Il y a relation d'interdépendance lorsqu'un objet conceptuel défini pour le fonctionnement d'un dispositif devient structurant pour un autre dispositif, ce qui pose la question du dispositif originel. Cette question est parfois insoluble. En effet, il est difficile de savoir au sein de quel dispositif un tel objet conceptuel prend naissance, en raison même de la relation d'interdépendance.

Le premier exemple de ce type de relation est l'objet conceptuel déplacement accompagné de l'attribut qui le définit, baptisé précédemment *lieu-motif* (cf. Section 2.2.2). C'est sur le critère du *lieu-motif*, appariement exclusif entre un lieu et un motif de déplacement, que le *continuum* mobile est discrétisé en une série discrète de déplacements. Le déplacement est, depuis les premières enquêtes ménages déplacements (EMD), la pierre angulaire de la description de la *mobilité quotidienne*. Jusqu'au début des années 2000, les EMD produisent une information sur la *mobilité quotidienne* presque exclusivement à travers l'objet déplacement (cf. Section 4.1). Il s'ensuit que les principaux indicateurs utilisés dans les études se rapportent presque exclusivement aux déplacements : nombre de déplacements quotidiens réalisés par individu, répartition horaire des déplacements ou répartition modale.

À la question du dispositif originel, on peut répondre en première analyse que l'objet déplacement naît dans le cadre du dispositif d'enquête origine-destination. En effet, ce dispositif est antérieur de dix ans au dispositif de modélisation et au dispositif d'évaluation économique. À y regarder de plus près cette antériorité n'est pas si nette : le modèle à quatre étapes apparaît au milieu des années 1950 mais il y a, dès les années 1940 des formes de modélisation, certes plus simples, mais qui tentent malgré tout de lier les évolutions de l'usage du sol au flux de mobilité : les facteurs de croissance et les lignes de désir. Dans ce cadre, le modèle, gravitaire ou autre, nécessite un objet conceptuel qui formalise le lien entre l'occupation du sol et le flux. C'est très précisément ce que dit le rapport de la première « étude globale » de trafic américaine : « it has been shown that with intimate knowledge of the kinds of land use, it is possible to foretell how many persons will travel to and from particular areas of land daily. » (Carroll 1955a, p.90).

Cet objet conceptuel qui fait le lien entre occupation du sol et mobilité est le déplacement, défini par un couple de *lieux-motifs*. Il est le point d'ancrage qui fait interagir l'occupation du sol avec les pratiques de mobilité. La prévision se faisant sur des hypothèses exogènes concernant la localisation future des ménages et des activités, il ne peut y avoir de prévision sans cet ancrage. La génération et la distribution de mouvements entre des lieux sont rendues possibles par le lien entre le fixe (l'activité ancrée en un lieu) et le mouvant (le mouvement réalisé pour s'y rendre).

L'objet déplacement constitue la principale relation d'interdépendance entre l'enquête et le modèle. Il structure également le dispositif d'évaluation économique pour des raisons évoquées dans les paragraphes suivants. D'autres objets ont été proposés plus aptes à

retranscrire la dynamique de la *mobilité quotidienne*, en particulier les sorties ou boucles (Zhang *et al.* 2001) et les activités (Stopher 1992). Le déplacement présente toutefois une résistance à ces nouvelles approches car il s'agit d'un objet commun reliant enquête, modèle et évaluation : la redéfinition ne peut s'appliquer à l'un des trois dispositifs sans affecter les deux autres.

Le second exemple de relation d'interdépendance est le coût généralisé. La question du dispositif originel au sein duquel cet objet apparaît est traité dans la section suivante. Il s'agit ici d'examiner comment le coût généralisé définit une relation d'interdépendance entre le dispositif de modélisation et le dispositif d'évaluation économique. En 1978, la revue *Transportation* accueille un débat éclairant sur ce sujet (cf. Section 2.2.4). Phil Goodwin accuse son opposant Alexander Grey de confondre le coût généralisé utilisé dans le dispositif de modélisation (étapes de distribution, de choix modal et d'affectation du modèle) avec le coût généralisé utilisé dans le dispositif d'évaluation économique (Goodwin 1978, p.283) : « forecasting is not the same as evaluation. The UK Department of Transport and its predecessors have consistently and clearly emphasised that generalised cost and values of time should be used differently in forecasting and evaluation. Much of the criticism made by Grey and others is based on a confusion of these two. »

Plus loin dans l'article (p.293) il rejette pourtant les alternatives proposées pour transformer les dispositifs de modélisation ou d'évaluation et ne plus faire appel au coût généralisé. Pour justifier son rejet, il invoque justement le lien entre les deux dispositifs de modélisation et d'évaluation : « the complete absence of any underlying theory of behaviour linking forecasting and evaluation would make comparisons between projects, hence calculations of value for money, almost impossible. » Le même raisonnement est développé dans le rapport Boiteux sur les choix d'investissement en transport (cf. Section 7.1.3) qui insiste sur le lien entre les deux dispositifs (Boiteux 2001, p.137) : « l'évaluation des avantages pour l'utilisateur par des procédures cohérentes avec le modèle de trafic utilisé est certes satisfaisante sur le plan de la logique économique . . . » Goodwin rejette deux alternatives possibles visant à remplacer le coût généralisé par autre chose dans les deux dispositifs de modélisation et d'évaluation : (1) remplacer dans le modèle le coût généralisé par le temps ; (2) remplacer le dispositif d'évaluation fondé sur le coût généralisé par un dispositif d'analyse multicritère.

Ce qui fait la force de la *matrice technique*, en particulier du duo modélisation-évaluation est bien cette « théorie sous-jacente » qui s'exprime à travers le coût généralisé (cf. Section 7.1.4). L'analyse multicritère est considérée avec dédain, « some sort of points system », parce qu'elle permettrait, selon Goodwin, tous types d'ajustements locaux sans fondement théorique. Plus récemment, Yves Crozet (2004) a défendu la pertinence de l'analyse coût-bénéfice, et donc du coût généralisé dans les études de transport, face aux analyses multicritères. « Le calcul économique se situe en amont de la décision politique, il dit le vrai [. . .], [il] pourrait servir à limiter l'opportunisme des décideurs publics » (p.163), à la différence de l'analyse multicritère qui laisserait toute marge de manœuvre au politique.

Il ne s'agit pourtant pas d'opposer un calcul économique qui tire sa légitimité de sa mathématisation et une analyse multicritère qui serait une sorte de troc organisé. La force du calcul économique n'est pas à rechercher dans sa mathématisation puisque c'est une caractéristique qu'il partage avec l'analyse multicritère. Ce qui fait, selon Y. Crozet, la robustesse du calcul économique (à travers le coût généralisé) face à l'analyse multicritère est son unidimensionnalité. Comme mentionné plus haut (cf. Section 2.2.4), la mise en équivalence, en unités temporelles ou monétaires, d'un grand nombre de facteurs est à la fois ce qui prête à la critique (ce que Grey appelle l'« index number trap ») et ce qui fait la force du coût généralisé.

Il n'est pas surprenant que le calcul économique soit menacé par l'analyse multicritère. En revanche, il est très surprenant qu'il ait fallu attendre si longtemps pour que cette menace soit effective. En effet, plusieurs pays ont conservé des analyses coût-bénéfice fondées sur le coût généralisé et ont très timidement introduit, à côté du calcul économique, des dispositifs additionnels multicritères (Hayashi et Morisugi 2000). Ceci alors que l'analyse multicritère montait en puissance dans de très nombreux domaines (management, production industrielle, voir Köksalan *et al.* 2011 sur ce point).

Le dispositif d'évaluation économique classique, à savoir l'analyse coût-bénéfice, bénéficie donc d'une extraordinaire résistance face au raz-de-marée multicritère. L'interprétation proposée ici est que cette résistance ne tient pas aux qualités intrinsèques du seul dispositif d'évaluation. Elle résulte des relations d'interdépendance qui fait tenir les trois dispositifs de la *matrice technique* en un ensemble robuste.

3.2.3 Transfert

La présente section s'inscrit dans la suite logique de la définition posée dans la section précédente : il y a relation d'interdépendance lorsqu'un objet conceptuel défini pour le fonctionnement d'un dispositif devient structurant pour un autre dispositif. Cette définition postule qu'il y a des transferts d'objets conceptuels d'un dispositif à l'autre, transferts qui doivent être examinés.

Concernant l'objet déplacement, il n'est pas possible de répondre à la question du dispositif originel, en conséquence il n'est pas non plus possible de parler de transfert. En revanche, l'objet coût généralisé peut être examiné en termes de transfert parce qu'il est possible de répondre à la question du dispositif originel. Deux sources sont mobilisées pour cela : l'étude de trafic de Détroit (*Detroit metropolitan area traffic study*) et l'étude de transport de Chicago (*Chicago area transportation study*). Il s'agit des deux premières « études globales » américaines, toutes deux dirigées par J.D. Carroll, et elles sont citées par certaines personnes interrogées comme l'exemple à suivre :

« J'ai un souvenir très précis d'un travail réalisé à Chicago à la fin des années 1950 dont l'auteur était un Dr. Carroll. Vous avez déjà entendu ce nom ? Ce Dr. Carroll

avait publié un ouvrage très bien fait. À l'époque où je commençais à m'occuper de circulation et de transport, c'était vraiment la découverte et le modèle. »

Entretien avec Michel Frybourg, 26 avril 2011.

Première étude globale américaine, l'étude de Détroit, dirigée par [Carroll](#), débute en 1953. Elle est publiée dans deux volumes en 1955 et [1956](#). Celle de Chicago débute en 1955 et elle est publiée en trois volumes en [1959](#), [1960](#) et [1962](#). L'intérêt de disposer de ces deux études est qu'elles se situent précisément sur la période de constitution des dispositifs de modélisation et d'évaluation économique (cf. Section [2.1.2](#)).

L'étude de Détroit utilise un modèle gravitaire dont le composant dissuasif, ou friction, est la distance à vol d'oiseau entre les zones de l'agglomération. Dans cette même étude est mis en place un dispositif d'évaluation qui prend la forme d'une analyse coût-bénéfice fondée sur le coût généralisé. Le bénéfice est la différence entre le coût que représente un certain volume de trafic empruntant un itinéraire classique (*alternate*) et le coût que représenterait ce trafic s'il transitait par la voie rapide (*expressway*) :

$$B = V_e \cdot A \cdot C_a - V_e(X \cdot C_e + L \cdot C_a)$$

Où pour toute liaison évaluée :

- B est le bénéfice total
- V_e est le volume sur la voie rapide (*expressway*)
- A est la longueur de l'itinéraire classique (*miles*)
- C_a est le coût généralisé par *mile* sur l'itinéraire classique
- X est la longueur de la portion de voie rapide empruntée (*miles*) par l'itinéraire rapide
- C_e est le coût généralisé par *mile* sur la voie rapide
- L est la longueur de la portion de voie classique empruntée par l'itinéraire rapide

Le coût généralisé (C_a et C_e) prend en compte le temps passé à se déplacer, les coûts liés au fonctionnement et à l'entretien du véhicule ainsi que les accidents monétarisés ([Carroll 1956](#), p.135).

L'étude de Chicago utilise un modèle d'opportunités interposées pour la distribution des flux entre les zones, bien que ce modèle ne soit pas explicitement nommé et qu'aucune source ne soit mentionnée. Ce type de modèle n'est pas formalisé avec un composant de friction comme le modèle gravitaire, mais la question d'utiliser une distance, un temps ou un coût généralisé se pose également. En effet, il nécessite de compter les opportunités qui s'interposent entre une origine et une destination donnée or, les opportunités sont interposées lorsqu'elles sont « plus proches » de l'une que de l'autre. Cette proximité peut s'exprimer en distance, en temps ou en coût : dans l'étude de Chicago elle est exprimée en temps.

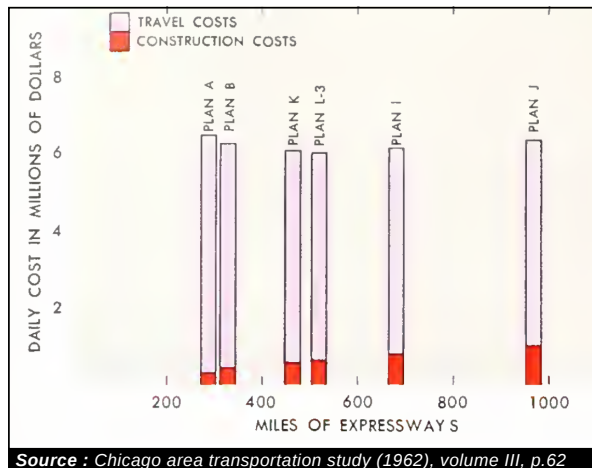


Fig 3.2 – Évaluation des coûts à Chicago

coûts de fonctionnement et d'entretien ainsi que les accidents monétarisés.

Ces deux études prennent donc en compte la distance (Détroit) ou le temps (Chicago) dans le modèle de prévision, mais elles utilisent le coût généralisé dans l'évaluation économique. L'intention d'utiliser un coût généralisé dans le dispositif de modélisation est exprimée très clairement (Carroll 1960, p.83) : « Distance itself cannot take into account varying travel speed, natural barriers [...] Measures of time overcome much of this difficulty, but these cannot account for such things as toll roads. Travel costs, therefore, would be the preferred measure - particularly since it is some balancing of travel costs, in the general sense of the term "costs", against probable rewards that establishes the theoretical value of any trip. The trouble with travel costs, however, is that at the present state of knowledge they are very difficult to establish and measure. »

Durant les années 1950, le coût généralisé de l'évaluation n'est pas un coût ressenti par un individu et révélé par son comportement, il s'agit d'un coût généralisé pour une section d'infrastructure routière qui prend en compte des coûts individuels non ressentis par l'individu (usure de pneus, entretien du véhicule) ainsi que des coûts sociaux (accidents). De plus, ce coût est uniquement calculé pour les infrastructures routières et non pour les infrastructures et services de transport collectif.

Il y a donc eu un transfert de l'objet conceptuel coût généralisé du dispositif d'évaluation vers le dispositif de modélisation. Ce transfert a eu lieu au début des années 1960 autour de Beesley (1965) au Royaume-Uni et autour d'Abraham et Thédié en France. À cette époque, le rapport d'un cycle d'étude mentionne explicitement ce transfert³⁸ : « nous pouvons, à titre d'hypothèse provisoire, essayer de transformer la formule 1 en formules du type 2 et 2' » (p.140), la formule 1 désignant un modèle gravitaire dont la friction est la

38. Il s'agit d'un cycle d'études organisé par la Direction des Routes sur le thème de la rentabilité des infrastructures routière. Le rapport est non daté, le cycle d'étude a eu lieu en 1961-1962 mais le rapport définitif a été publié ultérieurement, après 1966 puisque l'institution mentionnée est le Ministère de l'Équipement (cf. Annexe B).

distance et la formule 2 désignant le même modèle gravitaire mais avec le coût généralisé comme friction.

Une fois ce transfert réalisé, les dispositifs de modélisation et d'évaluation sont liés par une relation d'interdépendance qui rend l'ensemble plus stable. C'est l'argument principal développé par Goodwin pour justifier le maintien du coût généralisé dans les deux dispositifs (cf. Section 3.2.2).

Le second exemple examiné ici lie le dispositif d'enquête et celui de modélisation à travers une relation un peu différente des précédentes : il ne s'agit pas du transfert d'un objet conceptuel mais du transfert de propriétés attachées à plusieurs objets conceptuels : les propriétés d'émission et d'attraction.

Dès la fin des années 1940, il existe une représentation synthétique qui montre des *flux dirigés* traversant l'espace urbain : les « lignes de désir » (*desire lines*, voir [Weiner 1997](#)³⁹). Il n'existe alors ni les méthodes ni les moyens informatiques permettant une formalisation plus précise de ces flux. Cette formalisation est réalisée au milieu des années 1950 grâce au modèle gravitaire. L'une des caractéristiques du modèle gravitaire dans sa formulation la plus simple est que le flux de i vers j est égal au flux de j vers i . Dans une optique de planification des transports, cette propriété pose problème car cela revient à travailler avec des flux non dirigés. Pour pouvoir diriger les flux, il faut que les unités spatiales soient caractérisées non par une mais par deux variables de masse : une variable d'émission et une variable d'attraction, auxquelles s'applique la formule gravitaire (cf. Section 2.1.2).

Cette double caractérisation des zones ne suffit pas à résoudre le problème de la direction des flux car ceux-ci sont symétriques. En effet, les déplacements quotidiens sont majoritairement ancrés sur le domicile (les individus commencent et terminent la journée au domicile) et la grande majorité des déplacements est pendulaire (les individus ont tendance à retourner au domicile après chaque déplacement). Une définition des propriétés d'émission et d'attraction est construite dans le but d'« asymétriser » la matrice de flux interzones : tout déplacement ancré sur le domicile, c'est-à-dire dont le domicile est l'origine ou la destination, est considéré comme généré par la zone de domicile et attiré par l'autre zone, indépendamment du sens du déplacement (cf. Figure 3.3). La définition est formulée par A.G. Wilson de la façon suivante : « productions [are] the home end of home-based trips or the origin end of non-home-based trips », « attractions [are] the non-home end of home-based trips or the destination end of non-home-based trips » ([Wilson 1970](#), p.2).

Ces propriétés d'émission et d'attraction, définies dans le cadre du dispositif de modélisation, qualifient les principaux objets de la *matrice technique* : les zones, les flux et les déplacements. La définition ne concerne en première analyse que les déplacements et leurs agrégats, les flux. Elle s'étend facilement aux zones par une distinction entre

39. Les lignes de désir sont des cartes de flux ou « oursins » reliant les zones d'origine et de destination des déplacements. Le terme « ligne de désir » est marqué par l'ingénierie du trafic, c'est la ligne qu'emprunterait l'utilisateur s'il y avait une infrastructure de transport le permettant ([Carroll 1959](#)).

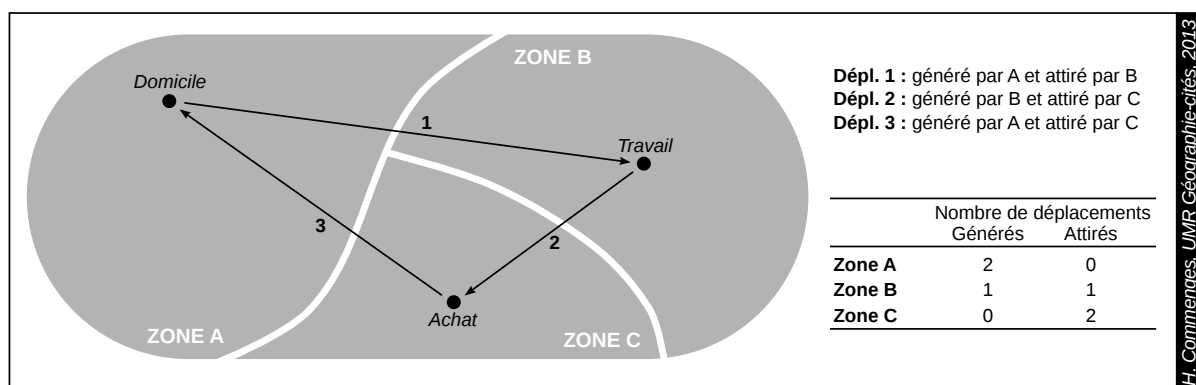


Fig 3.3 – Définition des propriétés de génération et d'attraction

zones d'émission (zones résidentielles) et zones d'attraction (zones d'activités), distinction confortée par les pratiques d'aménagement qui tendent à séparer ces fonctions au sein de l'espace urbain. Elle s'étend également aux motifs puisque c'est sur leur base que s'opère la distinction émission-attraction : le domicile est le *lieu-motif* d'émission, les autres *lieux-motifs* sont dits « d'attraction ».

La double propriété d'émission-attraction tient son origine dans le dispositif de modélisation, mais elle structure également les deux autres dispositifs. Les rapports d'enquêtes origine-destination comportent toutes une partie d'analyse des motifs de déplacement organisée autour d'une distinction entre déplacements primaires, ceux qui relient le domicile à tout autre motif (SERC 1964), et déplacements secondaires, c'est-à-dire tous les autres. Cette distinction binaire est affinée pour produire une typologie des motifs de déplacements prenant à la fois en compte les *lieux-motifs* d'origine et les *lieux-motifs* de destination (cf. Tableau 3.1). La ventilation des motifs est conçue pour saisir finement les déplacements primaires (6 modalités pour 12 types de liens) aux dépens des déplacements dits secondaires (5 modalités pour 35 types de liens).


La distinction originelle et la typologie ci-dessus présentent de nombreux inconvénients dans une perspective de description des déplacements, en particulier du fait qu'elles assignent une étiquette en fonction du motif d'origine ou du motif de destination selon une échelle hiérarchique très contestable (Courel *et al.* 2005a). Malgré cela, distinction et typologie se sont maintenues jusqu'à aujourd'hui dans les exploitations « standard CERTU »⁴⁰.

La double propriété d'émission-attraction définie pour le modèle n'affecte pas seulement le dispositif d'enquête mais aussi celui d'évaluation économique. Le zonage est en effet établi dans le but de maximiser l'homogénéité des zones en termes d'émission et d'attraction. Dans certaines villes américaines, ce procédé a même été poussé jusqu'à associer une zone à un mode d'occupation exclusif : « une simplification peut être apportée si l'on peut

40. En Île-de-France où l'EGT diffère sensiblement des EMD « standard CERTU », ce n'est qu'en 2001 que cette typologie de motifs a été substituée par une typologie des motifs à destination du déplacement.

	Domicile	Travail	Aff.Pro.	École	Loisirs	Achat	Aff.Perso
Domicile	-	1	2	3	4	5	6
Travail	1	-	2	2	2	2	2
Aff.Pro.	2	2	2	2	2	2	2
École	3	2	2	3	3	3	3
Loisirs	4	2	2	3	4	4	4
Achat	5	2	2	3	4	5	5
Aff.Perso	6	2	2	3	4	5	6

1 - Domicile - Travail 4 - Loisirs
 2 - Affaires professionnelles 5 - Achats
 3 - École 6 - Autres

 Déplacements primaires

Source : Courel et al. (2005) L'impact des modes de vie sur les déplacements, Les Cahiers de l'EGT vol.4, DREIF

Tab 3.1 – Typologie classique des motifs de déplacements

classer les zones en catégories homogènes. À Détroit, la ville est divisée en “blocs”, et l’activité principale est retenue [industrie, commerce, résidence, services publics, espaces publics, terrains vagues] » (IAURP 1964, p.11). Le zonage fonctionnel, utile au dispositif de modélisation, implique que l’évaluation économique sera réalisée sur ce même découpage. La structure spatiale du dispositif de modélisation s’étend nécessairement au dispositif d’évaluation économique qui se nourrit des prévisions du modèle. Les conséquences de l’extension du zonage de modélisation au raisonnement d’évaluation n’ont pas été examinées à ce jour.

Cette analyse de la double propriété d’émission-attraction éclaire les dynamiques d’interopérabilité qui assurent le fonctionnement de la matrice. Elle met en lumière deux de ses processus fondamentaux : la construction d’une relation d’interdépendance et le fait que cette relation structure tous les dispositifs de la matrice. Une propriété qui vient qualifier les principaux objets de la *matrice technique* est définie pour les besoins du dispositif de modélisation, puis elle s’étend aux deux autres dispositifs et façonne leur contenu. La description des pratiques de déplacements réalisée à partir de l’enquête est structurée par cette propriété d’émission-attraction, l’évaluation économique est dépendante d’un zonage réalisé sur cette base.

Cet exemple illustre le mécanisme qui permet à certains objets ou propriétés de se maintenir bien au-delà du contexte de leur mise en place. Malgré les mutations importantes qui interviennent à partir des années 1980 (cf. Section 3.3), la *matrice technique* ne disparaît pas sans laisser de traces. Au contraire, elle se transforme et continue de façonner les pratiques de description et de modélisation de la mobilité au travers d’un héritage conceptuel pérenne. C’est ce qui explique que certaines procédures, certains objets ou certaines propriétés continuent d’être utilisés un demi-siècle après leur naissance.

3.3 L'évolution de la *matrice technique*

La *matrice technique* décrite dans ce chapitre se développe et se consolide entre la fin des années 1950 et le début des années 1980. Les auteurs ayant travaillé sur le champ de la socio-économie des transports s'accordent tous sur l'existence d'un tournant au début des années 1980, qui fixe souvent la limite initiale ou finale de leur recherche ([Offner 1994](#), [Chatzis 2011](#)). Trois grands facteurs marquent ce tournant : un facteur technologique avec le développement des moyens informatiques, en particulier les progrès dans la puissance de calcul et le développement de la micro-informatique, qui transforment la place assignée au traitement des enquêtes et à l'utilisation des modèles. Un facteur méthodologique avec l'importation en France des modèles désagrégés et un facteur politique et institutionnel avec la modification du système décisionnel à la suite des lois de décentralisation et la restructuration des recherches en transport autour de ses aspects technologiques dans le cadre du PRD3T (Programme de Recherche et Développement *Technologique* des Transports Terrestres).

Jusqu'au début des années 1980, l'intégrité de la *matrice technique*, c'est-à-dire la stabilité des trois dispositifs dans leur nature et leurs interrelations, tenait à la construction et à la consolidation d'une expertise nationale sous l'égide des services de l'État, ce que [Chatzis \(2009\)](#) nomme une « science française normalisée ». Durant les années 1980, plusieurs changements affectent cette stabilité, en particulier des changements concernant les dispositifs de modélisation et d'évaluation. L'expertise en matière de modélisation se déplace des services de l'État vers un nombre réduit de grands bureaux d'études internationaux, souvent d'origine américaine ou britannique, bureaux qui sont à l'origine de l'implantation des modèles désagrégés en France ([Debizet 2004](#), [Chatzis 2011](#)). En matière d'évaluation, c'est la structure du système décisionnel qui est radicalement transformée avec les lois de décentralisation, modifiant par là tout le processus de mise sur agenda.

[Leurent \(1996\)](#) a pointé l'évolution différenciée des dispositifs techniques, en particulier le décalage de temporalités entre les bureaux d'études internationaux qui s'implantent en France durant les années 1980 en proposant des modèles novateurs et les pratiques administratives caractérisées par une inertie importante. C'est ce décalage qui explique la stabilité de l'usage de certains dispositifs, en particulier le dispositif de modélisation, malgré les innovations techniques dans ce domaine. Cependant la question des modalités de transformation de la *matrice technique* reste largement en friche.

Conclusion

Ce chapitre délimite un ensemble de dispositifs techniques, examine la cohérence de cet ensemble, le qualifie de *matrice technique* et examine les relations d'interopérabilité qui font tenir l'édifice. Cette notion de *matrice technique* a plusieurs intérêts : d'abord, elle replace chaque dispositif dans un ensemble cohérent et dans un tissu de relations. Ensuite, en considérant cet ensemble, elle explique comment les dispositifs techniques et les objets conceptuels se maintiennent malgré les forces qui tendraient à les faire évoluer (nouvelles méthodes de modélisation, nouvelles procédures d'évaluation économique). Enfin, elle délimite le cadre dans lequel la *mobilité quotidienne* a été inventée, raison de l'emploi du terme « matrice » (*mater*). C'est en son sein que prennent naissance les principaux objets conceptuels de la socio-économie des transports et c'est dans son cadre que se définissent ses principaux questionnements.

L'objectif annoncé en introduction était de tester la validité des deux énoncés proposés dans le Chapitre 1 : (1) les objets circulent par paquets et (2) plus les relations entre objets sont intriquées plus ils se stabilisent. Le premier énoncé semble s'appliquer à la *matrice technique* constituée de dispositifs de quantification, de modélisation et d'évaluation économique. L'étude des transferts d'objets conceptuels et des propriétés de certains objets entre deux dispositifs (cf. Section 3.2.3) montre bien les modalités de circulation au sein de la *matrice technique*. Un objet conceptuel peut être, dès l'origine, structurant pour les trois dispositifs, comme c'est le cas de l'objet déplacement. Un objet conceptuel peut aussi circuler entre les dispositifs, en ce cas il ne circule pas seul, dépouillé de ses propriétés. C'est ainsi que certaines propriétés, qui avaient un sens dans un dispositif, sont transférées dans un autre dispositif au sein duquel ce sens est plus contestable : c'est le cas des propriétés d'attraction et d'émission.

L'examen du second énoncé est en revanche plus ambivalent. D'un côté, la mise en place de relations entre les dispositifs participe dans certains cas à leur stabilisation et à leur maintien. L'exemple du coût généralisé le montre bien : faisant le lien entre le dispositif de modélisation et le dispositif d'évaluation, il fait office de ciment et participe à la résistance de l'ensemble. D'un autre côté, la *matrice technique* entre en crise au début des années 1980 alors que les relations interdispositifs n'ont jamais été aussi intriquées. Les réflexions engagées sur les modes de régulation des réseaux techniques (Chatzis 1997, Coutard 1999) pourraient être mobilisées pour mieux comprendre cette crise.

Conclusion de la première partie

Le premier objectif à remplir pour la poursuite de la thèse était de montrer l'existence d'un domaine baptisé « ingénierie du trafic » puis « socio-économie des transports ». C'est en effet un préalable nécessaire avant d'envisager le rôle de ce domaine dans l'invention et dans la mise en forme de la *mobilité quotidienne*. Le premier chapitre remplit cette fonction en insistant sur la place qu'occupent les dispositifs techniques dans cette définition.

Trois dispositifs sont présentés : un dispositif de quantification de la *mobilité quotidienne*, un dispositif de modélisation et un dispositif d'évaluation économique. Cette examen ne s'intéresse pas seulement aux spécifications techniques de ces dispositifs. À partir du corpus d'archives et d'entretiens, il propose l'idée que ce sont précisément eux qui permettent de délimiter et de qualifier le *domaine* puis le *champ* de la socio-économie des transports. Cette réflexion aboutit sur une frise chronologique qui délimite et qualifie la socio-économie des transports au cours du temps : *domaine d'expertise* durant les années 1960, *champ scientifique hétéronome* dans les années 1970 et « ondes » à partir des années 1980. L'unité de ce « domaine » est variable au cours du temps, mais elle est suffisante pour permettre de le constituer en objet de recherche.

Cette première conclusion est étroitement dépendante des moyens d'investigation mis en œuvre pour retracer la naissance et le développement de la socio-économie des transports. Les corpus d'archives et d'entretiens permettent en effet d'examiner les controverses qui ont traversée ce domaine, puis d'appréhender les choix et les enjeux intervenant dans la constitution de ses concepts et de ses dispositifs techniques.

La mise en place du cadre théorique aboutit à un ensemble de trois énoncés concernant les objets conceptuels et les dispositifs techniques : (1) ils agissent, (2) ils sont le produit d'une stabilisation et (3) ils font système. Deux sous-énoncés caractérisant les dispositifs et les objets sont proposés en cohérence avec les trois énoncés ci-dessus : (4) ils circulent par paquets, et (5) plus les relations entre eux sont intriquées plus ils se stabilisent. Le

Chapitre 2 et le Chapitre 3 développent ces énoncés et les appliquent à l'appareillage technique et conceptuel de la socio-économie des transport.

Il s'agit, dans un premier temps, de décrire la naissance et la consolidation de ses principaux objets conceptuels et de ses dispositifs techniques. Le deuxième chapitre propose ainsi une typologie générique des dispositifs de quantification, il détaille les origines et le fonctionnement de la modélisation à quatre étape et il insiste sur l'importance du coût généralisé dans les dispositifs de modélisation et d'évaluation économique. Ce travail permet de décortiquer les conventions, comprises comme définitions collectives, sur lesquelles les dispositifs sont construits. La mise en place des conventions est rarement étudiée en tant que telle. Cette étude est pourtant nécessaire pour comprendre comment des objets conceptuels interagissent les uns avec les autres et finissent par constituer une véritable mise en forme de la *mobilité quotidienne*.

Le Chapitre 3 examine les trois dispositifs techniques - quantification, modélisation, évaluation - comme un ensemble, le qualifie de *matrice technique* et examine les relations d'interopérabilité qui font tenir l'édifice. La notion de *matrice technique* a plusieurs intérêts : d'abord, elle replace chaque dispositif dans un ensemble cohérent et dans un tissu de relations. Ensuite, en considérant cet ensemble, elle explique comment les dispositifs techniques et les objets conceptuels se maintiennent malgré les forces qui tendraient à la faire évoluer (nouvelles méthodes de modélisation, nouvelles procédures d'évaluation économique). Enfin, elle délimite le cadre dans lequel la *mobilité quotidienne* a été inventée, raison de l'emploi du terme « matrice » (*mater*). C'est en son sein que prennent naissance les principaux objets conceptuels de la socio-économie des transports et c'est dans son cadre que se définissent ses principaux questionnements.

La deuxième partie de la thèse poursuit cette réflexion en l'attaquant sur un angle différent. L'idée est de jouer avec les principaux objets conceptuels, décrits dans cette première partie, en utilisant plusieurs dispositifs d'enquête. C'est une façon de discuter des liens entre les aspects techniques et les aspects conceptuels qui se trouvent impliqués dans toute tentative de compréhension de la *mobilité quotidienne*.

Deuxième partie

Catachrèse des enquêtes ménages déplacements

Introduction de la deuxième partie

Reprenant la distinction annoncée dans le Chapitre 1 entre *idée* (façon de conceptualiser la mobilité) et *objet* (pratiques effectives de mobilité), ces deux premières parties se focalisent toutes les deux sur l'*idée*. La première partie de la thèse s'est intéressée à la mise en forme de l'idée *mobilité quotidienne* au travers des instruments de la socio-économie des transports. La deuxième partie poursuit la réflexion : il s'agit d'extraire les conclusions tirées de la première partie et de les mettre en scène au travers d'analyses empiriques. Le discours historique et épistémologique sur les instruments de quantification et de modélisation de la *mobilité quotidienne* doit en effet être complété par des analyses empiriques qui confrontent les résultats obtenus dans une approche classique à des résultats alternatifs.

L'objectif est de comprendre et faire comprendre comment l'image renvoyée par les approches classiques est contingente. Cette image est l'aboutissement d'une certaine façon de considérer, de quantifier et d'interpréter la mobilité qui n'est pas la seule possible. Imaginer d'autres approches et les tester sur des données empiriques est une manière de jouer avec les limites des enquêtes ménages déplacements. C'est aussi une façon de prendre du recul en renvoyant des images alternatives de la *mobilité quotidienne*. Ces analyses empiriques sont principalement réalisées sur une EMD classique, l'Enquête Globale Transport, mais il est parfois nécessaire de faire des détours par d'autres dispositifs d'enquête pour mieux faire apparaître les limites des EMD.

Cette deuxième partie propose une *catachrèse* des enquêtes ménages déplacements. En linguistique, la catachrèse désigne l'emploi abusif d'un mot. C'est un type de figure de style qui recouvre les emplois métonymiques et métaphoriques (Nyckees 1998). Ces figures de styles fonctionnent sur l'analogie et la substitution, elles consistent à faire intentionnellement un mauvais usage du lexique existant, mauvais usage qui participe à l'enrichissement progressif du lexique. Cette partie est une catachrèse dans le sens où

elle regroupe un ensemble d'analyses empiriques volontairement conçues pour dévoyer les EMD, c'est-à-dire pour être décalées par rapport à ce pour quoi les EMD ont été créées.

Les grandes enquêtes institutionnelles font l'objet d'exploitations primaires, qui correspondent aux objectifs initiaux des concepteurs de l'enquête, puis elles sont mises à disposition d'utilisateurs variés qui en font des exploitations secondaires. A titre d'exemple, l'Enquête Globale Transport 2001-2002 a fait l'objet de 49 mises à disposition entre 2004 et 2010, incluant des laboratoires de recherche totalement ou partiellement spécialisés dans les domaines de la mobilité et des réseaux de transport (LVMT, INRETS, LET, LATTS, Géographie-cités), d'autres laboratoires de recherche (économie, sociologie, commerce), des établissements publics, des ministères et des bureaux d'études (Liste fournie par la DREIF). Ces exploitations secondaires revisitent ainsi un matériau produit pour d'autres fins. En ce sens, toute exploitation secondaire constitue un certain dévoiement de l'enquête.

Qu'est-ce qui différencie les analyses proposées ici des exploitations secondaires en général ? Ces dernières recyclent le matériau d'enquête parce qu'elles répondent à un questionnement thématique proche de celui abordé par l'enquête. La catachrèse proposée dans cette partie est un dévoiement réflexif dans le sens où le questionnement s'adresse à l'enquête elle-même.

Le Chapitre 4 constitue un préalable théorique nécessaire à la catachrèse des EMD : il examine la nature du modèle conceptuel de données des EMD. Il examine le rôle du modèle conceptuel de données des EMD dans leur exploitation et dans l'interprétation des résultats. Il propose ensuite une reformulation de ce modèle conceptuel sur lequel s'appuient les analyses empiriques ultérieures. Il interroge enfin le lien entre le codage statistique, les méthodes utilisées pour traiter l'enquête et la lecture des résultats.

Le Chapitre 5 regroupe un ensemble de trois analyses autour du thème des activités et de la présence. Les EMD sont nées pour produire et analyser des déplacements et des flux. Déplacements et flux ont constitué jusqu'à aujourd'hui le principal angle d'approche de la *mobilité quotidienne* alors que d'autres angles d'approche produisent une lecture différente de ce phénomène. Les trois analyses présentées dans ce chapitre confrontent donc cette lecture classique à une lecture par les activités et la présence. Cette confrontation mène à une réflexion sur la mise en forme de la *mobilité quotidienne* par les EMD et à une discussion sur ses limites.

Le Chapitre 6 part du même principe que le Chapitre 5 mais s'intéresse au thème de l'évolution des pratiques de mobilité. En effet, depuis une trentaine d'années, l'objectif ostensible, voire ostentatoire, des politiques de transports est le report modal. Le passage du « tout-voiture » au « zéro-voiture », la promotion des « modes doux » et tous les discours sur report modal continuent de s'appuyer sur une lecture de la *mobilité quotidienne* en termes de déplacements. Les analyses empiriques réalisées dans ce chapitre visent à examiner la (non) congruence entre mesure et discours.

L'enquête ménages déplacements comme filtre

Introduction	104
4.1 Le déplacement au cœur du modèle conceptuel historique des EMD	105
4.1.1 Mise en boîtes de la <i>mobilité quotidienne</i>	106
4.1.2 L'individu relégué au rang de contexte ou de réceptacle de déplacements	110
4.2 Placer l'individu au cœur de la mobilité	113
4.2.1 Suivre l'individu dans le temps et dans l'espace	114
4.2.2 Vers un modèle de données séquentiel et individu-centré	118
4.3 Repenser les propriétés des objets de l'enquête	121
4.3.1 « Entre réalisme métrologique et conventions d'équivalence »	122
4.3.2 La théorie de l'information pour appréhender le codage	123
4.3.3 À qui s'adressent les questions de l'EMD ?	125
Conclusion	129

Introduction

La première partie de la thèse insiste sur le fait que les EMD ne subissent que des modifications marginales malgré plusieurs évolutions contextuelles majeures. D’abord, les progrès de l’informatique changent la donne en termes d’acquisition, d’analyse et de représentation des déplacements. Ensuite, de nouveaux dispositifs apparaissent, permettant une géolocalisation des individus en temps réel (*location-aware technologies*). Enfin, les approches de la mobilité des individus et les questions susceptibles d’être posées ont évolué depuis les années 1950. Ces évolutions affectent peu le modèle conceptuel de données des EMD, conçu comme l’ensemble des objets produits par l’enquête, leur nature, leurs interrelations et leurs attributs.

L’objectif de ce chapitre est de questionner les liens entre les aspects techniques et les aspects conceptuels de toute analyse quantitative. Il s’agit de montrer comment des éléments *a priori* strictement techniques, comme le codage d’une enquête, ont un pendant conceptuel qui amène une certaine lecture du phénomène à l’étude. C’est en cela que toute enquête quantitative doit être vue comme un *filtre*, comme une « opération de traduction et de production d’un objet nouveau, qui circulera ensuite dans des rhétoriques et des usages variés » (Desrosières 1997, p.121). Le produit de l’enquête mis en forme dans un modèle conceptuel de données est cet « objet nouveau ». Quant aux rhétoriques et aux usages variés, il s’agit de l’ensemble des traitements et des interprétations réalisés sur cet objet, parmi lesquels on distingue fréquemment les exploitations primaires et les exploitations secondaires. Le discours sur le phénomène quantifié par l’enquête n’est jamais en prise directe avec le réel mais s’appuie nécessairement sur l’image du phénomène filtré et mis en forme par l’enquête. Ce chapitre examine les implications de ce constat pour l’étude de la *mobilité quotidienne*.

La première section est théorique et peut s’appliquer à tout type d’enquête quantitative. La thèse qu’elle soutient est qu’un modèle conceptuel de données constitue bien plus qu’un simple formatage des données, il définit la matière de l’analyse et façonne les questionnements, les traitements de données et les interprétations des résultats. Comme le spectateur devant un tableau dont « l’œil suit les chemins qui lui ont été ménagés dans l’œuvre » (Paul Klee, cité par Perek 1978), l’utilisateur d’une telle base de données dispose d’une liberté canalisée par le modèle conceptuel des données qu’il analyse. Cette section se termine sur une brève présentation du modèle conceptuel de données des EMD et montre en quoi ce modèle est *déplacement-centré*. Les études et recherches ont produit tout un corpus de connaissances sur la mobilité en se focalisant sur cet objet très particulier qu’est le déplacement. L’entrée exclusive par les déplacements, aussi intéressante soit-elle, masque tout un pan de ce phénomène, en particulier tout ce qui relève de l’individualité des pratiques spatiales. Les individus ont souvent été réduits à de simples *unités de comptage de déplacements*, ce qui appauvrit sensiblement l’appréhension de la *mobilité quotidienne*.

La deuxième section propose une reformulation du modèle conceptuel de données (MCD) dans une approche *individu-centrée*. Le nouveau modèle de données est qualifié de

« séquentiel », il s'appuie sur des travaux classiques issus de la *time geography* et sur des travaux plus récents sur les patrons d'activités. Cette reformulation est à la base de plusieurs analyses empiriques réalisées dans le Chapitre 5. En effet, le modèle de données séquentiel donne à voir les lieux, les activités et les temporalités de la *mobilité quotidienne* sous un angle différent.

Les deux premières sections s'intéressent principalement aux objets de l'enquête (ménage, individu, déplacement, étape), avec l'idée que ces objets fournissent le cadre général dans lequel le phénomène de la mobilité est appréhendé. La troisième section s'intéresse plus précisément aux propriétés de ces objets, c'est-à-dire aux variables qui les caractérisent. Si l'enquête fonctionne comme un filtre, comme une opération de traduction, c'est également dans les propriétés ou variables définies par l'enquête qu'il faut aller examiner les mécanismes de filtrage du phénomène. Cette section s'applique aux EMD mais le propos concerne toutes les enquêtes quantitatives. Elle interroge de façon empirique le caractère *réaliste* d'une enquête par une mise en regard de deux angles d'approche : (1) l'enquête reflète la réalité du phénomène à l'étude et (2) l'enquête reflète les conventions à travers lesquelles le phénomène est appréhendé.

4.1 Le déplacement au cœur du modèle conceptuel historique des EMD

Le terme de modèle conceptuel de données revêt un sens très précis pour les concepteurs de bases de données. Un modèle conceptuel définit des types d'objets, des types d'associations, des attributs et des liens d'intégrité. Il sert de préalable à la modélisation logique des données et à l'implémentation d'un outil informatique. Les formalismes utilisés dans ce domaine (MERISE, UML) sont à la fois stricts, récents et orientés vers une implémentation informatique. Graphiquement parlant (cf. Figure 4.1), un modèle conceptuel est constitué de boîtes représentant les différents objets accompagnés de leurs attributs et de liens entre ces boîtes. Dès lors, la *mise en boîtes* d'une enquête ménages déplacements représente le passage d'un questionnaire à un produit organisé en objets liés les uns aux autres.

Le terme de modèle conceptuel de données (MCD) est utilisé ici en un sens plus lâche que le sens strictement informatique : c'est l'ensemble des objets produits par une enquête quantitative, leur nature, leurs interrelations et leurs attributs. Cette conception plus lâche, qui ne s'inscrit pas dans les sciences informatiques, permet de remonter avant les années 1970, qui marquent le début des modèles conceptuels au sens strict, pour s'intéresser à tous les travaux visant à décrire le produit d'un dispositif d'enquête quantitative. Parmi ces travaux, ceux de P. F. Lazarsfeld et H. Menzel (1961) proposent une grille de lecture générique pour caractériser les objets et leurs attributs, très utile pour préciser le contenu du modèle de données des EMD.

4.1.1 Mise en boîtes de la *mobilité quotidienne*

Les enquêtes de mobilité quotidienne se développent aux États-Unis à la fin des années 1940 et sont importées en Europe occidentale à la fin des années 1950. Les enquêtes réalisées dans les grandes métropoles américaines et européennes sont comparables quant aux objets qu'elles produisent et quant aux attributs de ces objets. Elles sont constituées d'un ensemble de quatre objets emboîtés : des ménages, des individus, des déplacements et des moyens ou étapes (cf. Figure 4.1). Chacun de ces quatre objets est défini sur un critère d'unité :

- la définition de l'objet ménage sur l'unité de logement est celle de l'INSEE et n'est pas propre aux enquêtes de mobilité ;
- l'objet individu contient un critère d'unité puisqu'il est intrinsèquement et étymologiquement indivisible ;
- l'objet déplacement se définit par l'unité de motif, c'est un mouvement réalisé sur la voie publique reliant deux motifs (CERTU 1998), un lien entre deux activités (cf. Section 2.2.2) ;
- l'objet étape se définit par l'unité de mode, une étape est une partie du déplacement réalisée avec un même mode de transport.

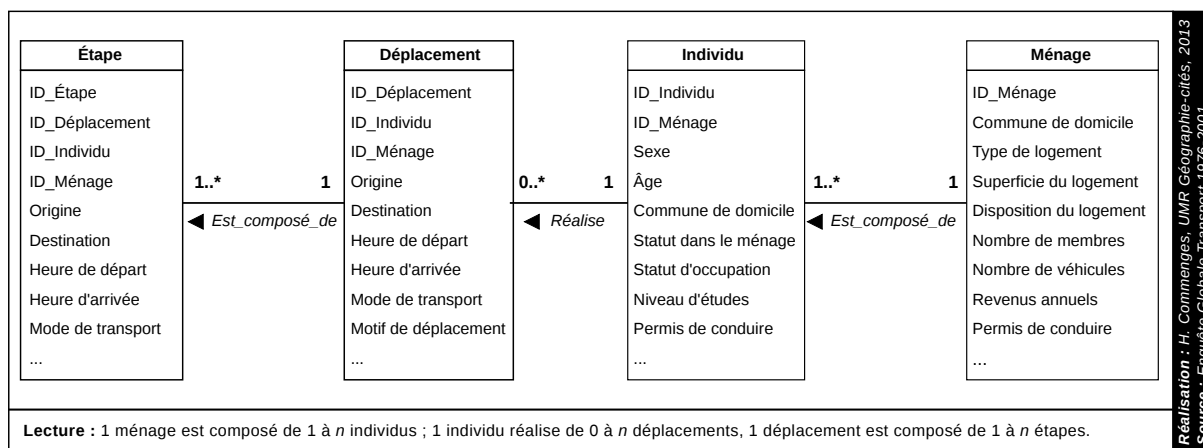


Fig 4.1 – Diagramme UML de l'Enquête Globale Transport

Les liens inter-objets sont de deux types et introduisent une hiérarchie dans l'importance des objets. Le lien central est le lien de réalisation : des individus réalisent des déplacements / des déplacements sont réalisés par des individus. Les liens de composition servent à caractériser plus finement chacun des deux objets fondamentaux que sont l'individu et le déplacement. L'objet étape n'existe d'ailleurs pas dans les premières enquêtes de mobilité (SERC 1964, SERC, BRC de Rennes 1964) et n'est défini qu'à la fin

des années 1970 (cet objet est absent du dossier pilote publié par le SETRA (1975) qui normalise le dispositif d'EMD). L'objet ménage existe dès les origines, parce qu'il constitue la base d'échantillonnage et parce que certaines de ses propriétés sont jugées indispensables dans les modèles de prévision (revenu du ménage, disposition d'un véhicule)⁴¹.

Cet ensemble de quatre objets accompagnés de leurs propriétés forme le modèle de données historique des EMD. Les développements qui suivent visent à en préciser le contenu par une lecture des liens inter-objets. Ce sont ces liens qui marquent le cadre dans lequel la *mobilité quotidienne* est appréhendée.

Préciser le contenu du modèle conceptuel de données sur la mobilité consiste à définir la nature des objets qui le compose et définir les relations entre ces objets. C'est à travers leurs propriétés que ces objets tissent des liens étroits, par des processus de construction de propriétés individuelles et collectives. La typologie établie par Lazarsfeld et Menzel (1961) aide à préciser la nature de ces liens par une double distinction (cf. Figure 4.2) : d'une part, la distinction entre membres et collectifs⁴² ; d'autre part, la distinction entre propriétés auto-référentes dont la définition est propre à l'objet défini, et propriétés dérivées dont la définition fait référence à un autre objet du modèle de données.

Cette typologie présente trois types de propriétés pour qualifier les membres, dont deux sont auto-référentes (propriétés absolues et propriétés relationnelles) :

- les *propriétés absolues* sont les propriétés qui ne font référence ni aux collectifs ni à une relation avec les autres membres ;
- les *propriétés relationnelles* sont les propriétés construites par une relation entre les membres ;
- les *propriétés contextuelles* qualifient les membres par référence à une propriété du collectif auquel ils appartiennent.

Les propriétés des collectifs sont classées en trois types :

- les *propriétés globales* sont les propriétés auto-référentes des collectifs, c'est-à-dire celles qui ne font pas référence à leurs membres ;

41. À ces raisons il faut ajouter un ancrage profond dans la production de statistiques administratives de l'unité statistique « ménage ». Les enjeux de cette pratique et l'opposition ancienne entre une approche « familialiste » (centrée sur le ménage comme unité statistique) et une approche « individualiste » (centrée sur l'individu comme unité statistique) sont analysés par Ch. Topalov (1998).

42. Comme dans le texte de Lazarsfeld et Menzel, « attribut » et « propriété » sont utilisés ici comme synonymes. En revanche, il est préférable d'utiliser les expressions « propriétés des membres » et « propriétés des collectifs » plutôt que « propriétés individuelles » et « propriétés collectives », parce que l'utilisation des substantifs (les membres, les collectifs) tend à réifier les objets. De plus, parler de membres plutôt que d'individus est plus précis puisque le terme explicite l'appartenance à un collectif.

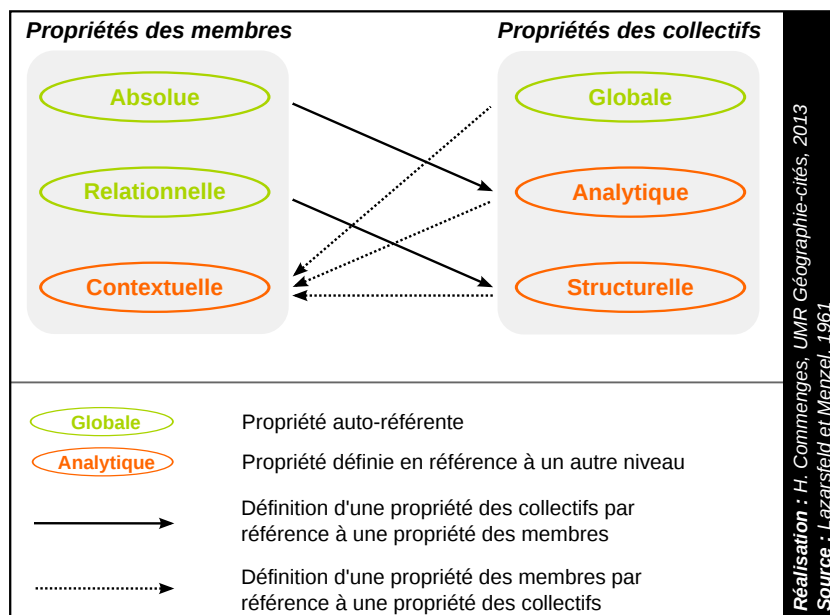


Fig 4.2 – Typologie des propriétés des membres et des collectifs

- les *propriétés analytiques* sont le résultat d'un résumé numérique calculé sur les membres ;
- les *propriétés structurelles* sont le résultat d'une opération sur les relations entre les membres.

Cette typologie est applicable à tout type d'enquête quantitative. Les exemples suivants (cf. Tableau 4.1) illustrent la classification de propriétés fréquemment utilisées dans l'analyse des EMD. Il s'agit ici des trois types de propriétés dérivées : les propriétés contextuelles qui qualifient les membres, et les propriétés analytiques et structurelles qui qualifient les collectifs.

La typologie de Lazarsfeld et Menzel met en évidence les possibles difficultés d'interprétation qu'implique un modèle conceptuel à quatre objets :

- La *caractérisation simultanée des mêmes objets comme collectifs et comme membres*. L'étude de la mobilité de certaines catégories de population, comme par exemple celle des mères de famille (Prédali 2005), mène à une double caractérisation des individus et des déplacements, et aboutissent au constat que « les mères des ménages mono-parentaux réalisent de nombreux déplacements d'accompagnement . » Dans cette proposition, les individus sont considérés d'abord comme des membres (des ménages) et qualifiés par une propriété contextuelle (famille mono-parentale), puis ils sont considérés comme des collectifs (de déplacements) qualifiés par une propriété analytique (nombre de déplacements d'accompagnement). Dans cette proposition, l'objet individu revêt une double nature, il est à la fois membre (du ménage) et collectif (de déplacements).

		Objet d'application	Objet de référence	Exemples
COLLECTIFS	Propriété analytique	MÉNAGE	INDIVIDU	Nombre d'individus dans le ménage
		INDIVIDU	DÉPLACEMENT	Nombre de déplacements réalisés par individu
		DÉPLACEMENT	ÉTAPE	Nombre d'étapes par déplacement
	Propriété structurelle	MÉNAGE	INDIVIDU	Composition du ménage
		INDIVIDU	DÉPLACEMENT	Séquences ou chaînes de déplacements
		DÉPLACEMENT	ÉTAPE	Séquences uni- ou multimodales
MEMBRES	Propriété contextuelle	MÉNAGE	INDIVIDU	Type de ménage auquel appartient l'individu
		INDIVIDU	DÉPLACEMENT	Sexe de l'individu qui réalise le déplacement
		DÉPLACEMENT	ÉTAPE	Motif du déplacement auquel appartient l'étape

Réalisation : H. Commenges, UMR Géographie-cités, 2013
Source : Lazarsfeld et Menzel, 1961

Tab 4.1 – Exemples de propriétés classées selon la typologie de Lazarsfeld-Menzel

- *Le va-et-vient des propriétés entre membres et collectifs.* Les propriétés contextuelles des membres sont souvent le résultat d'un double transfert de propriétés entre membres et collectifs. L'exemple précédent peut illustrer ce fait : la propriété « mère seule » est une propriété relationnelle qualifiant les individus (l'individu est « mère » par sa relation aux autres individus « enfants »). En faisant remonter cette propriété à l'objet ménage on crée une propriété structurelle qui qualifie le collectif (ménage mono-parental), puis on fait redescendre cette propriété au niveau de l'individu, propriété qui devient ainsi une variable contextuelle qualifiant le membre.
- *La double lecture des relations entre propriétés.* Certaines études analysent les aspects genrés de la *mobilité quotidienne* (Hanson et Johnston 1985, Coutras 1993, Cattán 2008), et s'intéressent à la relation entre distance parcourue et sexe. Elles établissent que les femmes (variable absolue caractérisant les individus) parcourent une distance plus faible (variable analytique caractérisant les individus) que les hommes. Mais cette proposition peut aussi être déclinée d'une autre façon : les déplacements réalisés par les femmes (variable contextuelle caractérisant les déplacements) sont de distance inférieure (variable absolue caractérisant les déplacements) à ceux réalisés par les hommes. Cette double lecture complique l'interprétation et l'écriture des résultats et demande de redoubler de précautions pour éviter toute confusion quant à l'objet d'étude : la proposition vise-t-elle à décrire des individus ou bien des déplacements ?

4.1.2 L'individu relégué au rang de contexte ou de réceptacle de déplacements

La conception et la réalisation d'une enquête, sa mise en forme numérique et les exploitations de l'enquête forment un trio dont les liens doivent être précisés. Le processus de construction de l'information quantitative fait l'objet de travaux dans de nombreux domaines qui ont été largement cités dans la première partie de la thèse ([Desrosières 1993](#), [Schor 2001](#), [Didier 2009](#)). Tous ces travaux ont en commun de considérer que les dispositifs statistiques ne sont ni neutres ni transparents, qu'ils ne sont pas de simples leviers au service de l'action publique, mais qu'ils contribuent à structurer le contenu de cette action et à en façonner les contours. En somme ils ont des « effets spécifiques » ([Ihl et al. 2003](#), [Lascoumes et Le Galès 2004](#)).

Au-delà de ce constat, il convient de dégager les mécanismes qui confèrent aux instruments de quantification ces effets spécifiques. En première analyse, la conception de l'enquête et sa mise en boîtes dans un modèle de données répondent aux besoins des exploitations primaires de l'enquête. En ce sens ces deux produits, enquête et MCD, sont entièrement soumis à l'exploitation et à l'interprétation et n'ont donc pas d'effets spécifiques. Les exploitations secondaires de l'enquête doivent faire avec : l'enquête mise en forme dans un MCD rend certaines exploitations secondaires impossibles quand l'information est absente ou difficiles quand le MCD doit subir des transformations massives.

Au-delà de ces deux cas, impossibilité et difficulté technique, un troisième cas se dégage, celui de la difficulté conceptuelle. Le MCD n'est pas une simple mise en forme de l'information, c'est aussi une mise en forme conceptuelle : les objets statistiques accompagnés de leurs propriétés sont des portions du phénomène à l'étude que le MCD *fait exister* en les réifiant. Le codage statistique revêt donc un aspect technique mais il revêt également un aspect cognitif ([Desrosières 1989](#)). Ainsi, la mise en forme de l'enquête peut rendre les exploitations secondaires difficiles à réaliser mais également difficile à penser. Ceci renvoie à la phrase de Pérec citée en introduction de ce chapitre : l'utilisateur suit les chemins qui lui ont été ménagés par le modèle conceptuel de données.

Il s'agit maintenant d'appliquer cette idée aux enquêtes ménages déplacements pour analyser de quelle façon leur mise en forme dans un MCD guide leur exploitation.

Le dispositif d'enquête ménages déplacements naît dans le cadre du développement de la socio-économie des transports pour alimenter les modèles de prévision et d'évaluation des choix d'investissements. Les modèles de prévision visent à estimer une demande quantifiée en nombre de déplacements, à distribuer ces déplacements sur un espace, le plus souvent par l'intermédiaire d'un modèle gravitaire, puis à affecter ces déplacements à des modes et à des itinéraires. Dans cette approche économique de la planification des transports, l'offre et la demande sont donc mesurées en termes de déplacements. Cette finalité originelle du dispositif d'enquête amène une description des pratiques de mobilité axée sur le déplacement.

Les rapports d'enquête décrivent précisément les déplacements en les caractérisant par un couple de variables absolues (en particulier le mode, le motif et l'horaire) et de variables contextuelles se référant aux individus (sexe, âge, catégorie socio-professionnelle) : « La courbe de trafic [i.e. la répartition horaire des déplacements] des scolaires et étudiants est assez semblable à celles des actifs » (Dreyfus 2005, p.19). « Les déplacements professionnels sont encore très masculins : 54 % des déplacements vers le travail et 71 % de ceux pour activités professionnelles sont effectués par des hommes » (Courel *et al.* 2005a, p.29). Parallèlement, les rapports d'enquête décrivent les déplacements en les caractérisant par un couple de variables absolues (mode, motif, horaire) et de variables contextuelles se référant à l'espace, et plus particulièrement à un zonage spatial : « En 2001, 62 % des déplacements en TC sont liés à Paris et 38 % sont internes à la banlieue, contre respectivement 69 % et 31 % en 1976 (Courel *et al.* 2005b, p.1). « 30 % des déplacements automobiles dans Paris se font à l'intérieur du même arrondissement » (Courel *et al.* 2005b, p.7). « En 2001, seuls 30,1 % des déplacements en transports collectifs ont une extrémité en Grande Couronne » (Bernard *et al.* 2005, p.3).

Ces exemples illustrent le focus mis sur le déplacement dans les études françaises. L'analyse de rapports d'enquête d'autres grandes agglomérations européennes, par exemple Londres (Transport for London 2007) ou Barcelone (DPTOP 2007), montre la même tendance. Le déplacement est ainsi le pivot de la description de la mobilité, les autres objets internes à l'enquête (individus et ménages) ou externes à l'enquête (zonage spatial) servant à préciser le contexte socio-démographique et le contexte spatial de ces déplacements. Cette approche déplacement-centrée est en premier lieu dictée par l'objectif opérationnel de la description et de la modélisation de la mobilité et par l'ancrage historique de cet objectif. Dans les rapports techniques des années 1960 et 1970 (SERC, BRC de Rennes 1964, SERC 1967, SETRA 1975) l'exploitation des EMD s'attache presque exclusivement à décrire les déplacements. Dans les rapports plus récents, comme la collection des *Cahiers de l'EGT* publiés par la DREIF, le déplacement reste l'objet central, mais l'attention se déplace de plus en plus vers l'individu.

Cependant, il est aussi possible de considérer que la prépondérance de l'objet déplacement vient du fait que le modèle conceptuel de données guide l'exploitation de l'enquête vers des analyses déplacement-centrées. En effet, presque toute l'information relative à la mobilité est concentrée dans les propriétés de l'objet déplacement⁴³. Ce constat s'applique sans aucune réserve à l'Enquête Globale Transport, il doit être nuancé pour les EMD « standard CERTU » qui ont commencé à intégrer au début des années 2000 des informations de mobilité au niveau de l'individu, en particulier sur la fréquence d'usage des différents modes de transport ou sur l'image que se font les individus de ces modes (pratique, dangereux, confortable). Cette évolution récente a permis la réalisation de travaux originaux sur la base des EMD (Tabaka 2009, Kaufmann *et al.* 2010), travaux qui n'étaient pas envisageables avec les EMD plus anciennes et qui ne sont toujours pas envisageables avec l'EGT.

43. Et dans l'objet étape, mais cet objet ne sert qu'à préciser l'objet déplacement.

L'utilisateur d'un dispositif d'enquête déplacement-centré n'a donc que deux entrées possibles pour étudier la mobilité et ces deux entrées donnent à l'individu un statut très pauvre :

- si l'objet d'intérêt est le déplacement, l'individu est relégué au statut de *contexte de réalisation du déplacement* (les variables propres aux individus sont des variables contextuelles dans la grille de lecture de Lazarsfeld-Menzel), il devient une caractéristique, parmi d'autres, du déplacement ;
- si l'objet d'intérêt est l'individu, l'information sur sa mobilité n'est faite que de propriétés dérivées de l'objet déplacement (propriétés analytiques ou structurelles dans la grille de lecture de Lazarsfeld-Menzel). Il devient une *réceptacle de déplacements*.

C'est ainsi que le modèle conceptuel des données d'une enquête guide l'usage qui en fait. Cependant, cette relation n'est pas déterministe : modèle de données et usage (traitements et interprétation) des données sont évidemment deux choses distinctes. L'usage est déterminé par les objectifs, en particulier en termes de modélisation des données, et surtout par la théorie sous-jacente à leur utilisation. Le modèle conceptuel de données de l'EMD et la description des déplacements sont relativement bien adaptés aux objectifs opérationnels de la prévision et de l'évaluation économique. L'exploitation primaire des données d'enquête conserve donc les traits qu'elle avait depuis les origines. Les autres champs disciplinaires se cantonnent à mettre au point d'autres dispositifs d'enquêtes (cf. section suivante) ou bien à réaliser des exploitations secondaires des EMD, raison pour laquelle ils n'auront aucun impact sur la redéfinition du modèle de données.

Il existe donc un lien entre le modèle conceptuel de données d'une EMD d'une part et les questionnements et analyses susceptibles d'être réalisés sur une telle enquête d'autre part. L'intensité de ce lien est variable : plus l'utilisateur a de recul sur ses propres pratiques, plus ce lien est lâche. À l'inverse, plus l'utilisateur est pris dans des chaînes de traitements routinières (exploitation standard) au service d'une application ou d'un client, plus ce lien est étroit.

4.2 Placer l'individu au cœur de la mobilité

La section précédente montre que l'approche classique de la *mobilité quotidienne* consiste à examiner comment des agrégats de déplacements se distribuent dans l'espace. Ceci revient à court-circuiter deux niveaux fondamentaux : l'individu et le ménage. Bien sûr, certaines de leurs propriétés sont prises en compte, comme l'activité, le revenu ou la disposition de véhicules, mais toujours en tant que propriétés contextuelles permettant de mieux décrire ou de mieux prévoir des agrégats de déplacements.

Lorsque Torsten Hägerstrand (1970) pose la question : « what about people in regional science? », il entend protester contre les approches agrégées : « the models of large aggregates are often presented without explicit statements about the assumed social organization and technology that exist at the micro-level from which the individual tries to handle his situation » (p.8). Il affirme qu'il n'est pas possible de comprendre un phénomène et son évolution au niveau macro sans remonter au niveau des décisions individuelles (Sanders 1998). Vingt ans plus tard, Hägerstrand (1989) revient sur les commentaires et critiques adressés à sa conférence initiale, en particulier la critique de « physicalisme ». Il se défend en explicitant le lien qui fonde son approche : l'individu est à la fois un *sujet* producteur de sens et un *véhicule* physique de sens, « meaning and matter come together in the human person » (p.3).

Ce retour sur le travail d'Hägerstrand est indispensable pour réaffirmer que *le sens et la matière* de la *mobilité quotidienne* sont à rechercher au niveau de l'individu. Il est sans doute utile de segmenter les pratiques individuelles de mobilités en sous-unités telles que les déplacements, il est certainement nécessaire de prendre en compte les cadres sociaux et spatiaux qui structurent ces pratiques, mais il n'est pas possible de court-circuiter l'individu.

Dans cette section, je propose un nouveau modèle de données qui met l'individu au centre de l'attention. Ce modèle de données peut être appliqué aux EMD telles qu'elles existent actuellement. Utilisé de cette façon, il ouvre un angle de vue différent sur la *mobilité quotidienne* mais ne peut évidemment pas se départir de la conception déplacement-centrée des EMD. Ce modèle de données pourrait également servir dans le cadre d'une possible évolution des EMD ou dans le cadre du développement d'un autre dispositif d'enquête de mobilité. Il permet une meilleure appréhension des liens entre mobilité et activités, une intégration des pratiques de mobilité dans le cadre plus général de la vie quotidienne et une adaptation aux nouveaux dispositifs de géolocalisation.

Le modèle de données proposé ici s'appuie sur les recherches en *time geography* (Hägerstrand 1970, Lenntorp 1978), sur le courant de recherches autour des modes de vie qui s'est développé à sa suite (Haumont *et al.* 1977; 1978, Chapin 1978, Koppelman et Pas 1985, Raux *et al.* 1988) ainsi que sur les méthodes d'analyse longitudinale et séquentielle (Abbott et Hrycak 1990, Taris 2000). L'objectif est de transformer le modèle de données historique pour le destiner à une analyse des pratiques individuelles de mobilité dans le

style des approches activités-centrées. Cette transformation rend les analyses des pratiques individuelles de mobilité techniquement plus faciles à réaliser et conceptuellement plus faciles à penser.

4.2.1 Suivre l'individu dans le temps et dans l'espace

La *time geography* a nourri les recherches sur les thèmes de l'urbain, de la mobilité et des transports, dès les années 1970 dans la lignée originelle (Lenntorp 1978), puis dans d'autres disciplines, d'autres pays et d'autres époques (Goodchild et Janelle 1984, Koppelman et Pas 1985, Janelle *et al.* 1997, Kwan 2000). Ces travaux ont contribué à diffuser l'image de trajectoires spatio-temporelles à l'échelle spatiale d'une agglomération et à l'échelle temporelle de la journée. Le cadre de la *time geography* est pourtant bien plus vaste (Pred 1977), il s'intéresse de façon générale à l'étude du cours de l'existence d'individus « qui se débattent dans l'arène » de leur environnement (Hägerstrand 1978, p.144) : « I am looking for a way of finding conceptual coherence in the geographer's understanding of the human world all the way from home to globe and from day to lifetime. » De façon très générale, la *time geography* consiste donc à suivre l'individu dans le temps et dans l'espace, quelle que soit l'échelle spatiale ou temporelle. Ce cadre théorique peut enrichir une recherche empirique à condition qu'elle s'appuie sur un matériau d'analyse longitudinal. Cette section examine la possibilité d'utiliser des EMD, dispositif transversal de production de données, dans un tel cadre théorique.

Les EMD sont des enquêtes transversales (*cross sectional survey*), elles produisent une photographie de l'état de la mobilité à un moment donné. Ces enquêtes comportent en général plusieurs vagues mais il n'y a pas de mesures répétées sur les mêmes individus et il ne s'agit donc pas d'un dispositif longitudinal (*longitudinal research design*). Il faut cependant distinguer le type de données produites et le type de dispositif d'enquête. Le dispositif d'enquête est qualifié de longitudinal lorsqu'il procède à des mesures répétées au cours du temps sur les mêmes individus statistiques. Les données sont qualifiées de longitudinales lorsqu'elles qualifient ces individus à différents moments. Ainsi une enquête transversale peut parfaitement produire des données longitudinales (Taris 2000). Il est possible de considérer que les EMD produisent une information longitudinale par des questions rétrospectives, du fait qu'elles interrogent les individus sur l'ensemble des déplacements réalisés la veille. Cette information longitudinale est rarement considérée comme telle car elle ne concerne qu'une seule journée.

Le fait de considérer le produit de l'EMD comme des données longitudinales amène à leur appliquer des méthodes et des modèles conceptuels de données adaptés à ce changement de perspective, et plus particulièrement des méthodes d'analyse séquentielle (Abbott 1995). Certains auteurs ont déjà appliqué ces méthodes à l'analyse des programmes d'activités.

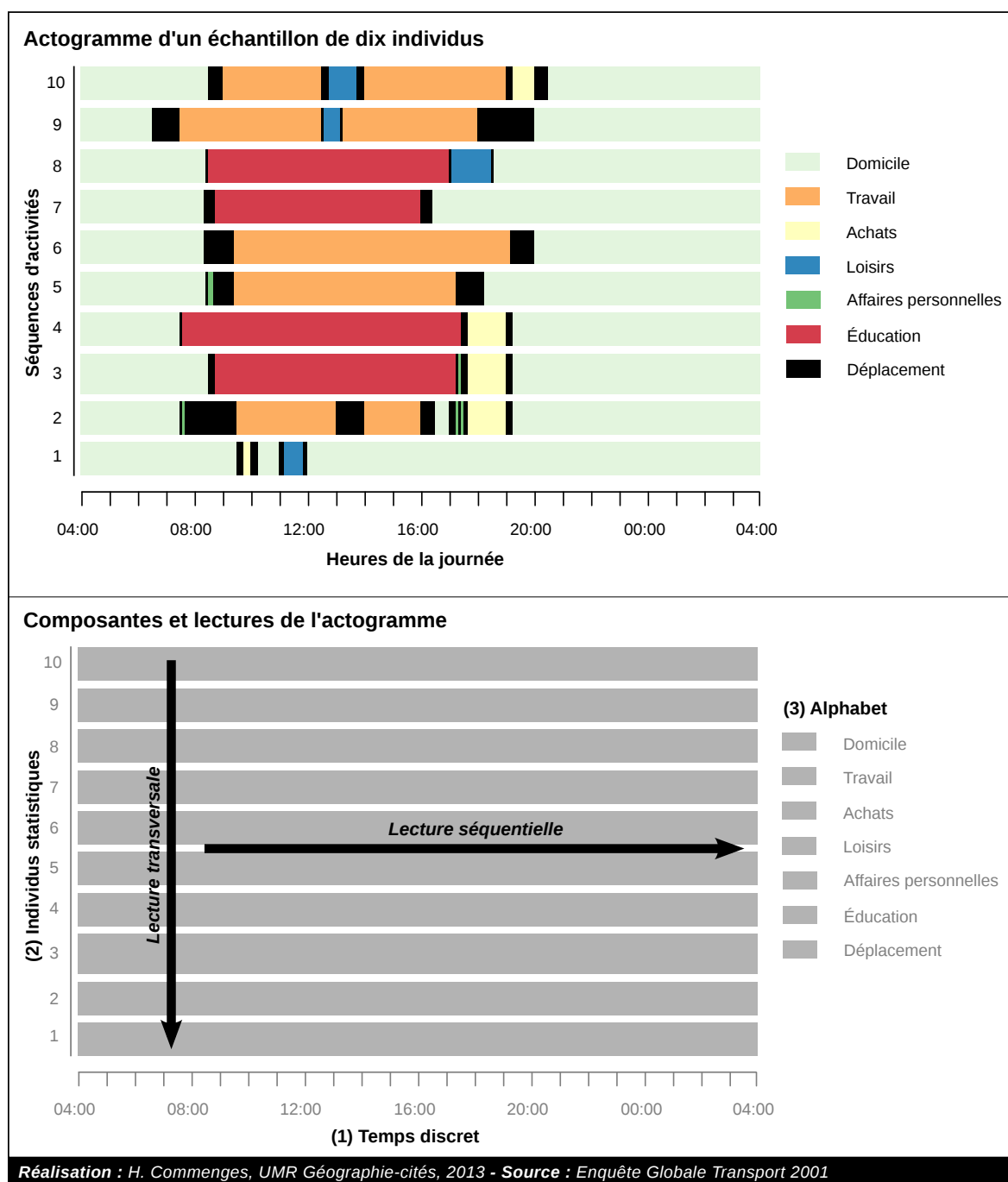


Fig 4.3 – Composition et lecture d'un actogramme

Les « actogrammes »⁴⁴ présentent ainsi des séquences d'activités et de déplacements réalisés tout au long de la journée (Bonnafeous *et al.* 1981, Joh *et al.* 2002, Chardonnel *et al.* 2004, Thévenin *et al.* 2007). L'exploitation de données séquentielles mobilise trois dimensions (cf. Figure 4.3) : (1) le temps discret constitué d'un ensemble de tranches temporelles, (2) les séquences représentant les individus statistiques à l'étude, et (3) l'alphabet représentant l'ensemble des états observés. Cette troisième dimension donne du contenu aux deux premières, qui sont les dimensions structurantes. Les deux dimensions, séquentielle et temporelle, amènent à proposer une double lecture des données : la lecture horizontale s'intéresse à la succession d'états au sein de chaque séquence. Elle est dite « séquentielle » parce qu'elle s'applique à une liste ordonnée d'états : elle s'intéresse à la fois à l'occurrence des états et à l'ordre de ces occurrences. La lecture verticale s'intéresse à la distribution des états au sein de chaque tranche temporelle. Elle agrège les états des séquences et décrit la co-évolution des états au cours de l'axe temporel.

Un actogramme est un ensemble de séquences d'activités. Cette représentation des activités peut facilement être étendue à tout état caractérisant les individus en faisant remonter les propriétés des objets de niveau inférieur : les déplacements et les étapes. Avant de préciser les modalités de cette reconstruction, il convient de préciser les notions de séquence, d'état et d'événement et d'épisode (cf. Figure 4.4) :

- une séquence est une liste ordonnée d'états ou d'événements découpée par une unité de temps discrète ;
- un état est une propriété de l'objet d'intérêt qui a une durée, alors qu'un événement est une propriété sans durée. Tout changement d'état est un événement, et tout événement marque un changement d'état (Gabadinho *et al.* 2009) ;
- un épisode est une succession de plusieurs états similaires.

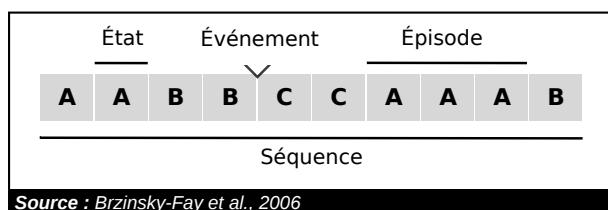


Fig 4.4 – État, événement et épisode

À l'instar de la définition de la notion d'activité par As (1978), l'état est défini de façon très générale comme n'importe quelle propriété caractérisant l'objet d'intérêt (ici l'individu) sur un segment temporel donné. Le principe général de la reconstruction du modèle de données est de réorganiser toute l'information contenue dans les objet déplacement et étape autour de l'objet

individu, en les considérant comme des états. Cette démarche constitue plus qu'une simple manipulation préalable à une représentation graphique (l'actogramme), il s'agit d'une

44. Toutes les représentations graphiques de séquences et les mesures réalisées sur ces séquences ont été réalisées avec le *package* **TraMineR** du logiciel R (Gabadinho *et al.* 2009).

véritable refonte du modèle de données traditionnel des EMD en un *modèle de données séquentiel*.

Cette refonte entraîne une simplification du modèle de données originel : il ne contient plus qu'un seul objet, l'individu, caractérisé par des propriétés contextuelles, des propriétés absolues et des propriétés temporelles ou états. Les propriétés temporelles sont des propriétés « estampillées » (*timestamped*), c'est-à-dire localisées dans le temps. Cette localisation fait référence à un axe temporel qui ne peut être que celui hérité du modèle de données originel. Il s'agit d'un axe temporel de processus et non un axe temporel de calendrier (Blossfeld et Rohwer 2002) : il débute avec le premier état de chaque individu, indépendamment du temps de calendrier. Dans le cas des EMD, l'axe temporel commence à quatre heures du matin et se termine à quatre heures du matin du jour suivant, indépendamment de l'année, du jour de l'année ou du jour de la semaine auquel correspondent les enregistrements. Ces 24 heures représentent un « jour ouvrable type » (cf. Section 2.2.3).

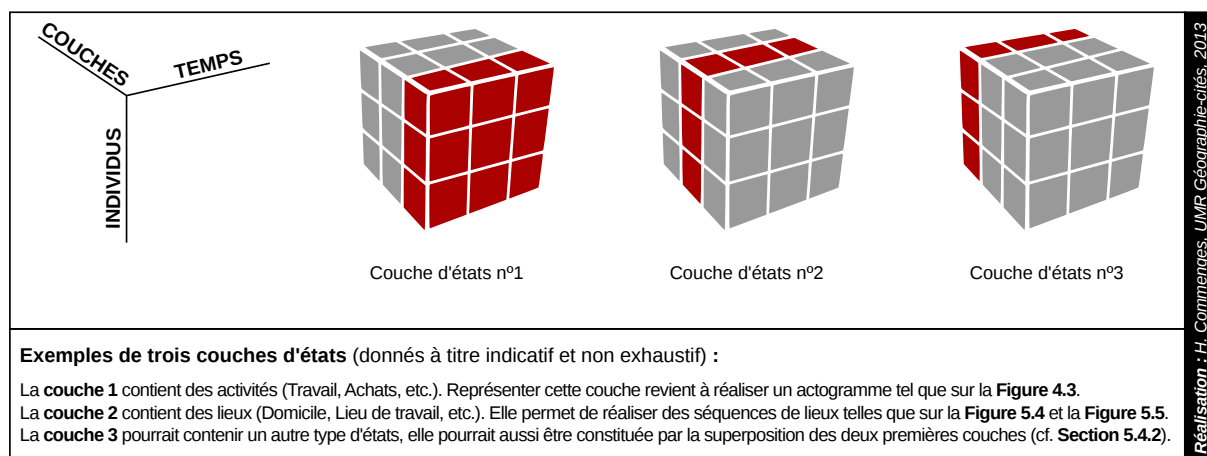


Fig 4.5 – Produit de l'EMD dans un cube de données séquentielles

Le produit de l'EMD ré-agencé dans un modèle de données séquentiel n'a pas besoin d'être représenté dans un formalisme classique type UML puisqu'il n'y a plus qu'un seul objet : l'individu. Il peut en revanche être représenté sous la forme d'un cube (cf. Figure 4.5), dont les trois dimensions sont (1) l'individu, (2) l'axe temporel et (3) les états qui recueillent les propriétés contenues dans l'objet déplacement et dans l'objet étape. Ce type de formalisme est semblable à celui proposé très tôt par Bonnafeous *et al.* (1981) et plus récemment par Francis et Fuller (1996) et par Francis et Pritchard (2000). La différence fondamentale repose dans le statut qui lui est assigné : ces auteurs en font un mode de représentation graphique, mais il est possible de considérer qu'il s'agit d'un modèle conceptuel à même de guider l'ensemble des traitements et des interprétations réalisés sur les EMD.

Le principal apport de considérer que les données produites sont longitudinales et de ré-agencer le modèle de données en conséquence est de remettre la trajectoire individuelle au centre de la mobilité. Il s'agit d'éviter de considérer les déplacements

réalisés par un individu comme des segments isolés et indépendants les uns des autres et de faciliter techniquement et conceptuellement l’appréhension de la mobilité comme *tissu de trajectoires co-évolutives*. On retrouve encore une fois d’anciennes considérations d’Hägerstrand (1978, p.124) : « consider that a complete record is kept for each individual person as his life is proceeding, enumerating in sequence of occurrence the sets of surrounding entities of the four kinds with which he is associated (other individuals, indivisible objects, divisible materials, domains) [...] the record describes the steps of a path or trajectory between points of contact with surrounding elements [...] it is now close at hand to interpret all records taken together as describing a closely knit web of trajectories. »

4.2.2 Vers un modèle de données séquentiel et individu-centré

Considérer une reformulation du MCD originel comme un nouveau MCD peut paraître abusif. En effet, entre le modèle classique à quatre objets et la nouvelle mise en forme, il n’y a aucune création d’information mais simplement un ré-agencement. Cependant, cette transformation rendrait possible une évolution du dispositif d’enquête que ne permet pas le modèle de données classique.

Deux tendance majeures sont à l’œuvre qui entrent difficilement dans le cadre du MCD originel : d’abord, l’approche activités-centrée demande un mode de recueil qui s’intéresse avant tout aux activités. Plutôt que de demander aux enquêtés quels sont leurs déplacements, pour éventuellement recréer par la suite l’entre-déplacements, c’est-à-dire l’activité, il semblerait préférable de demander aux enquêtés quelles sont leurs activités, pour recréer ensuite l’entre-activités, c’est-à-dire le déplacement. L’intérêt de ce changement de perspective mis en avant par ses promoteurs (Clarke *et al.* 1981, Stopher 1992), est que « activité » est un terme du langage courant, compris par tous, alors que « déplacement » est un terme technique qui prend un sens particulier dans les dispositifs d’enquête, sens qui ne recouvre pas nécessairement le sens courant. Passer à une enquête activités-centrée permettrait donc de produire une information plus fiable et réduirait la sous-estimation des déplacements courts (Madre *et al.* 2007).

La seconde tendance est l’intégration de dispositifs de géolocalisation en temps réel, en particulier les dispositifs GPS, mais également les données de téléphonie mobile. Certains auteurs pronostiquent que le développement de ces technologies provoquera une résurgence des méthodes inspirées de la *time geography* (Miller 2005) et il serait pertinent de l’accompagner d’une refonte du MCD traditionnel. En effet, ce type de données est difficile à intégrer dans le modèle de données classique, qui n’est pas prévu pour stocker des trajectoires conçues comme présence spatio-temporelle dynamique des individus.

Certaines caractéristiques du modèle séquentiel doivent être précisées, en particulier en termes de granularité. La *granularité temporelle*, c’est-à-dire la plus petite unité de l’axe temporel discret est nécessairement celle des données d’origine, à savoir une minute. Il

est cependant possible de réaliser une agrégation à cinq minutes sans perte d'information conséquente, les déplacements renseignés avec une précision à la minute représentant environ 2,5 % de l'ensemble⁴⁵.

La *granularité des états* est évidemment celle des données d'origine. Cette granularité inclut la granularité spatiale (propriété des déplacements et des étapes) et la granularité des propriétés qualifiant les épisodes de mobilité (déplacement) et d'immobilité (activité). Il est impossible de se départir de la division fondamentale du modèle de données originel entre mobilité et immobilité. Les propriétés qui les qualifient sont propres à chacun de ces deux états : les propriétés principales qualifiant les épisodes d'immobilité (les « stations » dans le vocabulaire de la *time geography*) sont les activités, les propriétés principales qualifiant les épisodes de mobilité sont les modes. La caractérisation spatiale des états subit aussi cette division : les activités sont localisées dans des lieux fixes (l'état qui décrit la localisation est constant au cours de l'épisode), alors que les déplacements sont caractérisés par deux localisations, celle de l'origine et celle de la destination, l'entre-deux n'étant pas renseigné.

Le modèle de données historique introduit une incompatibilité entre mobilité et activité. Depuis la fin des années 1990, des travaux de plus en plus nombreux insistent sur le fait que le déplacement n'est pas un entre-deux vide de sens, un temps mort entre deux activités (Orain 1997, Mokhtarian et Salomon 2001, Lyons et Urry 2005, Flamm 2005, Lyons *et al.* 2007). Cette mise en cause n'est pourtant pas nouvelle, on la retrouve dans certains rapports de socio-économie des transports des années 1970 (Fichelet *et al.* 1970, ISU 1972). Elle est même mentionnée par P. Merlin dans sa thèse (Merlin 1967, p.107) : « Dans les trains de grande banlieue, parfois aussi dans les autobus, on est souvent surpris de constater que les migrants se rencontrent en habitués pour converser, voire pour jouer aux cartes. D'autres profitent de leurs déplacements, s'ils peuvent être assis, pour tricoter, lire ou s'instruire . » Ce constat est appuyé par l'*Enquête sur la population des grands ensembles d'habitation collective* réalisée par l'INED en 1965.

La conception du déplacement comme temps mort est pourtant inscrite dans les concepts et les méthodes de la socio-économie des transports qui considèrent le déplacement dans sa seule dimension de coût, mais elle est également intégrée dans le modèle de données de l'enquête à travers l'objet déplacement. Celui-ci est défini comme tout mouvement réalisé sur la voie publique reliant deux lieux définis par l'activité qui s'y déroule (CERTU 1998). Le déplacement ne porte aucune utilité propre et donc aucune information autre que celles des activités qu'il relie. Mokhtarian et Salomon (2001) ont identifié trois possibles motivations du déplacement : (1) les activités réalisées à destination, (2) les activités réalisées durant le déplacement et (3) l'activité de se déplacer en elle-même.

45. Le calcul est réalisé sur l'EGT 2001-2002. Il est pratique d'arrondir les états à 5 minutes, mais cela peut comporter un léger biais. En effet, certaines catégories de population ont tendance à renseigner leurs départs et leurs arrivées de façon très précise, à la minute près, alors que d'autres ne renseignent que des heures rondes. Il est impossible de savoir si ces différences proviennent d'une différence réelle ou bien d'une tendance différenciée à arrondir.

Cette trilogie n'a pas sa place dans le MCD originel. Déplacement et activité se définissent en négatif et sont donc conceptuellement incompatibles : il n'y a pas d'activité durant le déplacement, le déplacement lui-même n'est pas une activité. Le ré-agencement de données d'EMD dans le modèle de données séquentiel ne permet pas de se départir de la division originelle entre mobilité et immobilité. En revanche le modèle séquentiel les met sur le même plan en les considérant indistinctement comme des états. Cette transformation est fondamentale car elle permet de mieux rendre compte de certains comportements de mobilité qui rentrent mal dans le modèle de données classique : les déplacements qui constituent en eux-mêmes l'activité, comme la promenade, ou les déplacements dont le motif ne désigne pas un lieu dans lequel se déroule une activité, comme l'accompagnement.

Une lecture verticale des données séquentielles facilite, techniquement et conceptuellement, la réalisation d'analyses de présence spatiale ou de rythmes urbains telles que celles réalisées par [Banos et Thévenin \(2005\)](#) et plus récemment par [Bertrand et al. \(2008\)](#). En effet, il suffit de prendre des séquences d'états représentant la localisation des individus et de les agréger pour chaque tranche temporelle pour obtenir une image de la présence des individus dans l'espace à l'étude.

Les trajectoires de la *time geography*, trajectoires individuelles s'inscrivant dans un prisme spatio-temporel, sont difficiles à décrire et à représenter à partir du modèle de données historique, du fait que les stations (épisodes d'immobilité) n'en font pas partie. Le modèle de données séquentiel permet de repérer et d'analyser très facilement des trajectoires, sous la forme de patrons d'états (*state patterns*).

Le modèle de données séquentiel offre la possibilité de créer des séquences multi-couches ([Pollock 2007](#)), c'est-à-dire des séquences qui combinent plusieurs couches d'états caractérisant les épisodes mobiles et immobiles. Un exemple simple serait de combiner les états désignant les activités (domicile, travail, achats, etc.) avec les états désignant la localisation de ces états (par exemple Paris, petite couronne, grande couronne). C'est précisément ce type de séquences multi-couches qui sera analysé dans la Section 5.4.

Le modèle de données historique est bien adapté aux objectifs décrits dans la Section 4.1.2. Le modèle de données séquentiel ne s'y substitue pas, il se justifie par sa complémentarité pour décrire les pratiques spatio-temporelles des individus. Dans le cadre d'une approche de ce type, il opère une grande simplification des schémas interprétatifs : il n'y a plus qu'un seul objet, l'individu, qui devient nécessairement l'objet d'intérêt. Dans ce modèle conceptuel, les analyses intègrent nécessairement la durée, à la fois des épisodes de mobilité et d'immobilité, alors que le modèle de données classique fait de la durée une propriété parmi d'autres de l'objet déplacement, et ne fait aucune place à la durée des épisodes d'immobilité. Enfin, le modèle de données séquentiel permet de reformuler partiellement le lien hérité du modèle de données classique : immobilité/activité et son corollaire mobilité/inactivité. En effet, les épisodes de mobilité et d'immobilité sont mis sur le même plan, à savoir des états qui caractérisent les individus tout au long de la journée.

Le ré-agencement du produit d'une EMD dans un modèle séquentiel présente un intérêt certain, mais en l'absence de création d'une information nouvelle, il reste attaché aux contraintes des données originelles. La contrainte principale est l'impossibilité de se départir de la notion de *lieu-motif* (cf. Section 2.2.2 et Section 5.2) défini comme une activité unique réalisée dans un lieu fixe et unique. Cette notion est une contrainte forte qui interdit (1) de considérer la mobilité comme une activité, (2) de considérer la multi-activité dans un lieu unique, (3) de considérer l'activité durant la mobilité. Dans le modèle conceptuel séquentiel, cette contrainte est brisée : la mobilité devient un état au même titre qu'une activité, il devient possible d'introduire la multi-activité dans un même lieu, et l'activité et la mobilité ne sont plus incompatibles.

La seconde contrainte concerne le repérage dynamique des individus dans le temps et dans l'espace : dans le modèle de données classique, le déplacement est une *ellipse entre un lieu d'origine et un lieu de destination*. Les nouveaux modes de recueil de données, en particulier de données GPS, qui commencent à s'imposer chez les organismes concernés⁴⁶ ne peuvent être intégrés que par l'ajout d'un nouvel objet, la trajectoire, aux quatre objets originels. Cet ajout complique les traitements et surtout les interprétations (cf. Section 4.1.1). On a insisté précédemment (cf. Section 2.2.2) sur le fait que le déplacement est la façon dominante, mais contingente, de discrétiser le *continuum* mobile. L'un des intérêts de disposer de trajectoires serait précisément de revoir cette discrétisation, ce qui n'est possible qu'en la considérant comme un tout caractérisant l'individu tout au long de sa journée (voire d'une période plus longue). En d'autres termes, la trajectoire ne devrait pas être un nouvel objet, mais simplement un ensemble d'états caractérisant l'individu. Dans le modèle séquentiel, les données GPS seraient simplement une nouvelle couche qui caractérisait la localisation variable des états de mobilité, se rapprochant d'un modèle conceptuel spécialement conçu pour saisir des trajectoires (Spaccapietra *et al.* 2008).

4.3 Repenser les propriétés des objets de l'enquête

Interroger le modèle conceptuel de données de façon globale ne suffit pas pour décrire le dispositif d'enquête et son produit. Il est également nécessaire de s'interroger plus précisément sur les attributs des objets définis, en particulier sur la nature des variables, sur leurs modalités et sur les agrégations de modalités.

La *mobilité quotidienne* est appréhendée à travers un ensemble de conventions. En français comme en anglais, le langage courant considère en effet l'arbitraire et le conventionnel comme synonymes, allant jusqu'à parler de « conventions arbitraires ». L'arbitraire et le conventionnel ne sont pourtant pas des synonymes mais des antonymes. L'arbitraire

46. Le CERTU, les partenaires de l'EGT, l'IFFSTAR, l'INSERM : de plus en plus de producteurs d'études et de recherches intègrent ou réfléchissent à l'intégration de données GPS dans les enquêtes de mobilité. Voir l'état de la question dressé par Dany Nguyen-Luong (2012).

qualifie le résultat de la volonté ou du jugement d'une seule personne. Le conventionnel qualifie le résultat d'un accord, d'un pacte souscrit par une communauté. En ce sens, dire qu'un champ de recherche est construit sur des conventions rappelle ce que Kuhn appelle la « science normale ».

Au-delà de ce problème lexical, parler du caractère socialement construit d'un champ de recherche renvoie à des débats récurrents sur la nature de la connaissance scientifique. Cette section présente brièvement les arguments de ce débat, elle fait ensuite un détour par la théorie de l'information pour aborder les liens entre les aspects techniques et les aspects cognitifs des analyses quantitatives. Elle se termine enfin par une analyse d'une variable de l'Enquête Globale Transport qui met en lumière les lectures possibles des résultats d'une telle analyse : entre réalisme (l'analyse reflète la réalité du phénomène) et nominalisme (l'analyse reflète les conventions).

4.3.1 « Entre réalisme métrologique et conventions d'équivalence »

Cette section emprunte son titre à [Desrosières \(2001\)](#) qui examine le dilemme rémanent de la quantification. Dans le cadre des études quantifiées des phénomènes sociaux, on peut très schématiquement distinguer deux types de discours, le discours réaliste et quantificateur d'un côté, le discours nominaliste et réflexif de l'autre. À l'origine de cette opposition caricaturale se trouve le problème du statut du réel, étroitement lié à la tentative de quantification. En effet, le producteur de chiffres est toujours confronté à la question de la consistance de sa mesure. Cette mesure a deux faces, d'un côté elle reflète les conventions portant sur la définition de l'objet, d'un autre côté elle reflète une certaine réalité ([Desrosières 1993](#), p.21). Or ces deux aspects sont difficilement compatibles. Le quantificateur réaliste a tendance à éliminer la dimension construite de ses mesures et à utiliser le corpus consolidé de méthodes statistiques comme s'il lui donnait un accès direct au réel. À l'inverse, le nominaliste a tendance à adopter une approche réflexive sur la quantification en mettant l'accent sur son caractère socialement construit, ce qui peut s'accompagner d'un rejet global de la quantification.

Ces deux approches contradictoires sont liées à ce que [Bourdieu *et al.* \(1963\)](#), et d'autres à sa suite, ont appelé le fétichisme de la statistique : « l'information statistique est pour certains un fétiche, un objet sacré devant lequel l'esprit critique s'arrête. D'autres, qui se croient mieux avertis, ont vis-à-vis de la statistique une attitude nihiliste de refus systématique » ([Volle 1978](#), p.43). Les réalistes comme les nominalistes ne veulent pas reconnaître le caractère inévitable des conventions, « les premiers ne veulent pas les voir ; les seconds, lorsqu'ils les aperçoivent, en font des raisons pour rejeter les statistiques » ([Besson 1992](#), p.47).

À ces deux approches rivales, réaliste et nominaliste, correspondent deux types de méthodes : le corpus de méthodes statistiques dans le premier cas, le discours réflexif

dans le second. La question qui se pose dans toute tentative de quantification est donc la suivante : le chiffre est-il le reflet d'une réalité ou bien n'est-il que le reflet des conventions adoptées pour la mesurer ? La position intermédiaire entre réalisme et nominalisme consiste à accepter l'existence d'une certaine réalité quantifiée, tout en assumant que cette réalité ne peut être perçue qu'à travers le filtre de conventions. Or, cette position est inconfortable car on ne dispose pour quantifier que d'outils statistiques profondément ancrés dans la tradition réaliste. En effet, les méthodes statistiques sont étroitement liées à l'émergence et à la consolidation de la posture réaliste (Desrosières 1993). Durant le XIX^e siècle, la fabrication d'agrégats d'individus, le fait de prendre ces agrégats pour objet et de leur accorder un statut réel fût le résultat d'un travail d'objectivation qui s'appuya sur les lois fondamentales de la statistique.

Ces développements posent la question du lien entre les méthodes de quantification et le positionnement face aux résultats obtenus par ces méthodes. La section suivante considère que ce lien existe et propose un détour par la théorie de l'information pour illustrer cette idée.

4.3.2 La théorie de l'information pour appréhender le codage

La théorie de l'information n'est pas un produit de la recherche universitaire mais un exemple de recherche appliquée développée par des ingénieurs de télécommunication au sein de la compagnie des téléphones et télégraphes Bell (Segal 1998; 2003). Ces ingénieurs, H. Nyquist, R.V.L. Hartley puis C.E. Shannon, ont cherché à résoudre les problèmes liés à la transmission d'un signal sur une bande passante. C'est dans ce cadre que la théorie de l'information est formulée par Shannon (1948) dans une publication interne du laboratoire de recherche Bell⁴⁷. L'idée générale est de caractériser l'information émise par une source, son passage par un canal de transmission et les pertes d'information correspondantes, ainsi que l'information finalement reçue par le destinataire. La naissance de la théorie de l'information s'inscrit dans un objectif d'optimisation des réseaux de télécommunication d'une part, et dans le contexte du développement de la cryptographie militaire d'autre part.

La quantité d'information est définie comme fonction croissante de la réduction d'incertitude liée à un événement informatif. Il s'agit du logarithme⁴⁸ du quotient entre l'ensemble fini des événements possibles avant information (N) et l'ensemble fini des événements possibles après information (n) :

$$I = \log \left(\frac{N}{n} \right) = -\log(p)$$

47. Les rapports entre les travaux de Shannon, les travaux des autres ingénieurs de Bell, et ceux des chercheurs du MIT, en particulier de J. Von Neumann, N. Wiener sont expliqués en détail dans les travaux de J. Segal (1998, 2003).

48. Plus précisément, du logarithme de base 2 qui fait correspondre une réduction de la moitié de l'incertitude à une quantité d'information de 1 bit.

L'unité de cette quantité d'information est désignée par plusieurs noms, le *hartley*, le *shannon* et le *bit* (*binary digit*) qui a supplanté les autres dénominations avec les développements de l'informatique. Cette quantité d'information n'est pas une mesure globale d'un ensemble, mais une mesure qui s'applique à l'apparition d'un évènement informatif. Pour qualifier l'information contenue dans un ensemble fini, Shannon a développé le concept d'entropie, qui n'est autre qu'une quantité d'information moyenne contenue dans un ensemble. Il s'agit de la quantité d'information apportée par un évènement donné, multipliée par la probabilité d'apparition de cet évènement :

$$H(x) = - \sum_{i=1}^n p_i \log(p_i)$$

J. Segal (1998) a présenté dans sa thèse un vaste panorama des apports de la théorie de l'information dans différentes disciplines. Il faut ici insister sur l'un de ses intérêts, qui est à l'origine des mesures informationnelles : estimer une quantité d'information sert avant tout à optimiser des ressources. Les ingénieurs de Bell ont effectivement pour soucis l'optimisation des infrastructures de télécommunication. Au début des années 1920, c'est-à-dire avant les travaux des ingénieurs de Bell, R. Fischer propose déjà une mesure de quantité d'information, dont l'une des facettes est purement pragmatique. Il s'agit d'optimiser l'allocation des parcelles (il fait alors des recherches en agronomie) en fonction du contenu informationnel apporté par une expérience.

L'approche par la théorie de l'information a également été utilisée dans le domaine de la recherche en gestion et marketing pour caractériser l'information que produisent les enquêtes par questionnaire (Bouder-Pailler et Dion 1997, Dion 1998). L'idée est de considérer le questionnaire comme un canal de transmission, de caractériser sa « capacité de transport informationnel » et d'optimiser la structure des questions proposées. Ce type d'utilisation, à savoir l'application des mesures entropiques au couple question/réponse, est né dans les années 1950, mais il est resté cantonné au domaine de la psychologie expérimentale américaine et n'a pas connu de grands développements depuis.

Ces derniers travaux sur l'utilisation de la théorie de l'information pour caractériser des questions d'enquêtes présentent un intérêt certain pour notre propos, puisqu'ils proposent une vision qui semble à la fois réaliste (la mesure reflète le phénomène) et nominaliste (la mesure reflète les conventions). Cependant, la théorie de l'information y est utilisée dans une approche strictement réaliste qui, de plus, véhicule une conception simpliste de l'enquête. Les auteurs font l'hypothèse qu'il existe deux éléments clairement définis et indubitablement *réels* : ce que l'enquêté pense et ce qu'il répond. Quand l'enquêté répond à côté de la case qui correspond à ce qu'il pense, c'est qu'il y a une erreur de formulation de la question. La théorie de l'information permet alors de quantifier ce décalage entre ce que l'enquêté pense et ce qu'il répond. « La plupart des défauts connus de l'enquête par questionnaire, et en particulier les problèmes de biais dans la formulation des questions, sont en effet assimilables à des phénomènes de bruit » (Dion 1996, p.57).

Les mesures informationnelles sont efficaces dans un objectif d'optimisation, mais elles présentent un intérêt majeur dans un objectif de positionnement face au dilemme réalisme/nominalisme. En effet, la quantité d'information et l'entropie s'appliquent avant tout à la structure d'un ensemble fini d'événements informatifs et non au contenu de ces événements. L'application de ces mesures à des messages codés (télégraphe, alphabet morse, messages cryptés) illustre bien ce propos : le contenu sémantique du message n'a pas d'importance, ce qui importe est la structure de son codage. Transférée à une variable issue d'un questionnaire d'enquête, la mesure informationnelle s'applique avant tout à la structure de la variable et non à son contenu sémantique. En d'autres termes, ce qui est mesuré est plutôt son caractère conventionnel (structurel) que son caractère réel (sémantique). C'est pour cette raison que l'usage d'une mesure d'entropie peut être considéré comme un positionnement d'équilibre « entre réalisme métrologique et conventions d'équivalence ».

4.3.3 À qui s'adressent les questions de l'EMD ?

Cette section applique les mesures entropiques à quelques variables de l'Enquête Globale Transport. Elle ne cherche pas à répondre à la question réaliste « comment se déplacent les individus en Île-de-France ? » mais à la question des conventions : « pour qui sont construites les catégories inscrites dans les variables de l'EGT ? » La quantité d'information produite par une variable est certainement très différente selon les catégories de population considérées. L'hypothèse proposée est que cette quantité d'information produite par l'enquête est liée à l'intérêt porté aux différentes catégories de population. La construction d'une variable ne doit rien au hasard, elle est le fruit d'un accord et d'un objectif. Une catégorie de population dont la mobilité est finement caractérisée peut être considérée comme la cible privilégiée de l'enquête, une catégorie grossièrement caractérisée peut être considérée comme délaissée par l'enquête.

Il convient avant tout de désamorcer une source de confusion possible et d'inscrire cette section dans la continuité de ce qui a été dit sur la prédominance de l'objet déplacement. Le titre de la section doit être compris en ce sens : les questions de l'EMD s'adressent à des individus *en tant qu'ils réalisent des déplacements*. Les « catégories de population » mentionnées dans l'introduction peuvent bien sûr être distinguées sur une propriété absolue caractérisant les individus (sexe, catégorie socio-professionnelle), mais elles sont souvent réalisées sur des propriétés dérivées de l'objet de l'objet déplacement (cf. Figure 4.2). Dans ce cas, la catégorie de population est une mise en équivalence d'individus réalisant un même type de déplacement : les individus qui font des déplacements Paris-banlieue ou ceux qui se déplacent en RER par exemple.

La catégorisation vise à faire tenir ensemble des objets singuliers, elle est le résultat d'une opération de mise en équivalence, préalable nécessaire à toute tentative de comptage (Besson et Journet 1986). L'analyse qui suit vise à montrer comment la notion d'entropie

peut donner un nouvel éclairage sur la catégorisation. Il s'agit d'un exemple qui porte sur un jeu de trois variables qualitatives qualifiant le motif de déplacement (cf. Tableau 4.2).

Le choix de ce jeu de variables répond à plusieurs critères. D'abord, il doit s'agir de variables déjà définies dans le dispositif d'enquête et dont les modalités reflètent des conventions d'équivalence internes. En effet, il ne s'agit pas d'étudier des catégories issues de conventions externes, comme par exemple celles de la variable *Professions et catégories socio-professionnelles* présente dans l'EGT mais définie par l'INSEE. Ensuite, les variables qualifiant les motifs de déplacement sont choisies parce qu'elles sont au cœur du dispositif d'enquête, mais également des dispositifs de modélisation et d'évaluation (cf. Section 3.2.3 et Section 7.1.3). Enfin, ce jeu de trois variables permet d'examiner le gain ou la perte d'information dans le passage d'une variable finement désagrégée à des agrégats massifs. C'est dans ce processus d'agrégation que les conventions d'équivalence peuvent être saisies au mieux.

Les trois variables sont donc le *Motif à destination désagrégé* en 20 modalités, le *Motif à destination agrégé* en 7 modalités et le *Motif agrégé orienté* en 8 modalités qui forme des couples de motifs à l'origine et à la destination (cf. Tableau 4.2).

VARIABLES			
	Motif désagrégé 20 modalités	Motif agrégé 7 modalités	Motif agrégé orienté 8 modalités
MODALITÉS	Domicile	Domicile	Domicile → Travail
	Travail fixe	Travail	Travail → Domicile
	Autre lieu de travail	Affaires professionnelles	Affaires pro. → Autres
	Affaires professionnelles	Achats	Travail → Autres
	Achats quotidiens	Loisirs	Autres → Travail
	Achats hebdomadaires	Affaires personnelles	Ecole → Autres
	Achats exceptionnels	Ecole	Domicile → Autres
	Loisirs		Autres cas
	Promenade		
	Visite familiale		
	Visite à des amis		
	Spectacle		
	Autres loisirs		
	Santé		
	Affaires personnelles		
	Accompagnement		
	Aller chercher quelqu'un		
	Enseignement primaire		
	Enseignement secondaire		
	Enseignement supérieur		

Réalisation : H. Commenges, UMR Géographie-cités, 2013 - Source : Enquête Globale Transport 1976-2001

Tab 4.2 – Modalités des variables *Motif de déplacement*

Ces variables peuvent d'abord être caractérisées globalement par les mesures entropiques. Par exemple, pour la variable du motif agrégé : l'entropie observée (2,47 bits), l'entropie maximale qui est l'entropie sous hypothèse d'équirépartition (2,81 bits) et l'entropie relative qui est le rapport entre les deux (87,8%). L'entropie, ou information moyenne, apportée par cette variable se rapproche du maximum théorique. Deux lectures peuvent être faites de ce résultat. Dans une approche réaliste, on dira qu'il y a une grande diversité des motifs de déplacement de la population résidant en Île-de-France. Dans une lecture des conventions d'équivalence, on dira que la variable *Motif de déplacement* a été construite de façon à saisir au mieux la diversité des motifs de déplacement.

Le calcul d'entropie est ensuite appliqué à des sous-groupes définis en fonction de variables socio-économiques. La mesure proposée est qualifiée d'« entropie relative au groupe » :

$$H_{RG} = \frac{H_g - H_p}{H_p}$$

L'entropie relative au groupe (H_{RG}) est fonction de l'entropie calculée pour un sous-groupe donné (H_g) et de l'entropie calculée pour l'ensemble de la population (H_p). L'entropie relative définie dans la partie précédente est un simple rapport car l'entropie observée est toujours inférieure ou égale à l'entropie maximale de la variable. Ici le rapport n'est pas suffisant et le solde obtenu par soustraction permet de signer la mesure. Lorsque l'entropie relative à un groupe est fortement négative, cela signifie que la variable considérée apporte très peu d'information pour le caractériser. Lorsque l'entropie relative à un groupe est faiblement négative ou positive, cela signifie que la variable considérée apporte beaucoup d'information pour le qualifier.

La Figure 4.6 illustre quelles catégories de population bénéficient des conventions d'équivalence adoptées dans le recodage de la variable *Motif de déplacement*. Pour le motif désagrégé, l'entropie relative montre une perte de la quantité d'information distribuée de façon presque équitable entre les différentes catégories de population. Pour créer une variable de motif agrégé, de nouvelles conventions d'équivalence sont adoptées et la perte d'information devient ciblée : les enfants et les personnes âgées sont touchés bien plus que les individus adultes, les actifs sont peu touchés relativement à tous les autres statuts d'occupation, les hommes sont légèrement moins touchés que les femmes. Enfin, la mise en équivalence opérée dans la variable de motif agrégé et orienté est encore plus sélective : cette variable apporte très peu d'information pour décrire la mobilité des enfants et des personnes âgées, elle apporte également très peu d'information sur toutes les catégories non actives alors que les actifs bénéficient d'un gain d'information. La différence homme / femme se creuse, certainement par un effet de structure : les individus actifs sont majoritairement des hommes et les personnes retraitées sont majoritairement des femmes.

Cette analyse met en lumière le caractère indubitablement réel et conventionnel de la mise en équivalence. Dans une lecture réaliste, on dira que certaines catégories de

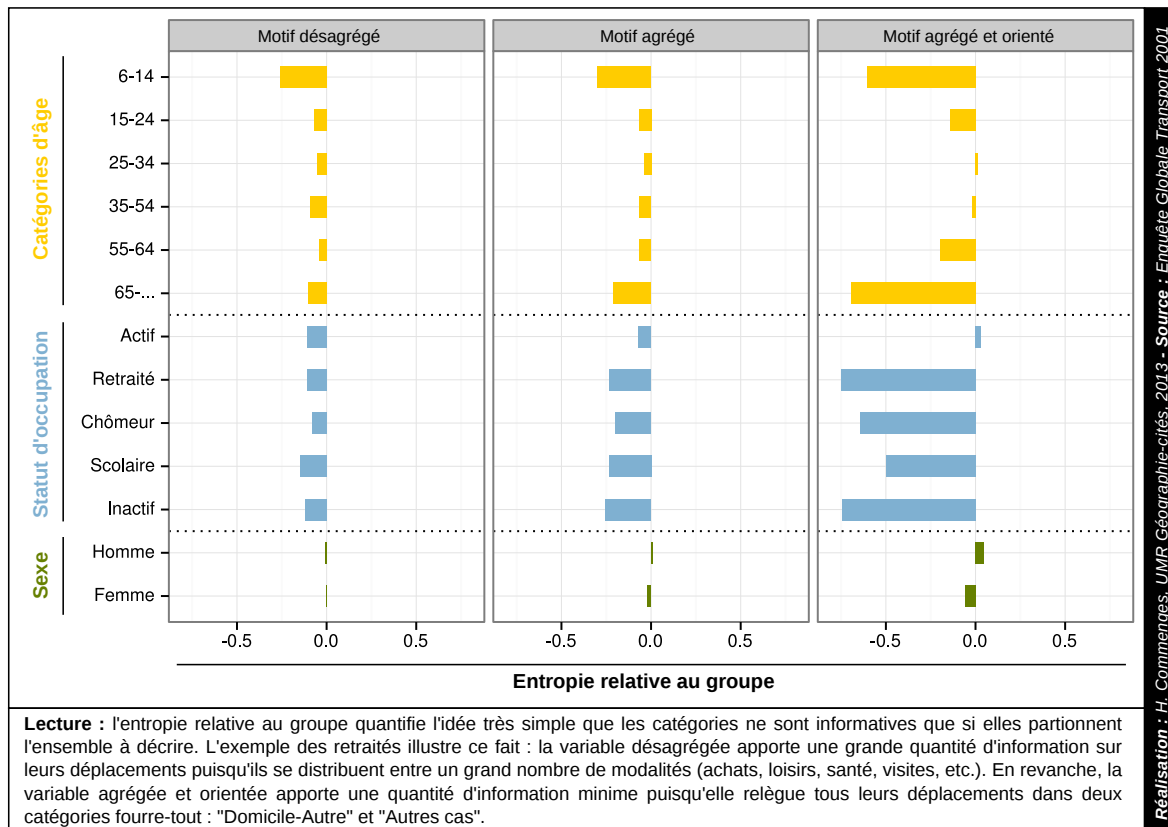


Fig 4.6 – Entropie relative de la variable *Motif de déplacement*

population (étudiants, inactifs, retraités, enfants, personnes âgées) ont un panel de motifs de déplacement beaucoup moins varié que d'autres catégories (actifs, adultes). Dans une lecture nominaliste, on dira que les conventions d'équivalence sont adaptées pour saisir les pratiques de certaines catégories de population (les adultes actifs occupés) aux dépens des pratiques des autres catégories (les enfants, les retraités). En effet, les deux variables recodées (motif agrégé et motif orienté) catégorisent finement les déplacements liés au travail et créent des catégories plus grossières pour des motifs considérés comme mineurs.

Ce résultat est à rapprocher de l'effet de myopie constaté par A. Desrosières et L. Thévenot (1979) concernant le découpage en catégories socio-professionnelles, c'est-à-dire l'effet qui conduit les concepteurs de la nomenclature à raffiner le découpage des catégories proches de celle correspondant à leur propre statut et à procéder à des partitions plus massives pour les statuts qui leur sont moins familiers. Le terme de « myopie » n'est pas pertinent ici parce qu'il ne s'agit pas d'un processus involontaire. Il s'agirait plutôt d'un effet de focus qui *fait le point*, dans un sens photographique, sur certaines pratiques et laisse les autres dans le flou.

Conclusion

Ce chapitre met en évidence les liens qui existent entre des formalismes à première vue strictement techniques et des modes d'appréhension du phénomène de la *mobilité quotidienne*. C'est tout l'intérêt de considérer la mise en forme du produit de l'enquête comme une opération à la fois technique et cognitive. Il s'agit, dans les mots de Desrosières, d'une « opération de traduction et de production d'un objet nouveau ».

Le fait de considérer le dispositif d'enquête comme un filtre amène à poser la question de la nature des connaissances qu'il produit. Cette question revêt une grande importance dans la constitution de catégories, catégories de modes ou de motifs de transport par exemple. En effet, la mise en équivalence opérée dans les nomenclatures est toujours le résultat d'un accord entre les concepteurs de l'enquête. En ce sens, le filtre de l'enquête renvoie à la fois du réel et du conventionnel. Les mesures entropiques sont alors utiles pour examiner l'*effet de focus* opéré par les catégories.

La mise en boîtes de l'enquête dans un modèle de données à quatre objets interconnectés est examinée à travers la grille de lecture de Lazarsfeld-Menzel. Celle-ci permet de mettre au clair les relations inter-objets qui s'introduisent dans la plupart des questionnements et des interprétations. Cet examen préalable est d'autant plus important que la construction du dispositif EMD et son utilisation se sont toujours focalisées sur un seul de ces objets, le déplacement, allant jusqu'à en faire le synonyme de la mobilité. Le CERTU définit ainsi le terme « mobilité » par le nombre de déplacements réalisés par personne en *jour ouvrable type* (cf. Section 2.2.3).

L'idée que développe ce chapitre est que la primauté du déplacement est inscrite dans le modèle de données lui-même. En effet, l'objet déplacement concentre la quasi-totalité de l'information sur la mobilité, aux dépens des autres objets, en particulier de l'objet individu. C'est ainsi que le MCD « ménage un chemin » dans le traitement et l'interprétation de l'enquête. Il rend difficile l'appréhension diachronique des pratiques de mobilité en réduisant l'activité au statut d'*entre-déplacements* et en faisant des déplacements des segments isolés et indépendants les uns des autres. Il rend également difficile l'appréhension synchronique des pratiques de mobilité en faisant du temps une propriété parmi d'autres de l'objet déplacement. En somme, il rend techniquement et conceptuellement difficile d'appréhender la mobilité comme *tissu de trajectoires co-évolutives*.

Le ré-agencement proposé dans la deuxième section est une alternative au MCD originel qui donne une grande marge de manœuvre pour l'étude des pratiques spatiales individuelles. En ramenant toute l'information sur la mobilité au niveau de l'individu, et en mettant sur le même plan les états mobiles et immobiles, il permet d'appréhender la mobilité sous des angles différents, en particulier en termes de présence spatio-temporelle. Le modèle de données séquentiel est la base sur laquelle reposent les analyses empiriques réalisées dans le Chapitre 5.

L'espace des lieux comme horizon indépassable

Introduction	132
5.1 Activité et présence : un état de l'art	133
5.1.1 L'épaisseur sociologique de la présence	133
5.1.2 Flux et co-présence : une naissance conjointe	134
5.1.3 La délimitation de la population présente	137
5.2 Dénouer les liens entre lieu et activité	140
5.2.1 Décortiquer le <i>lieu-motif</i>	141
5.2.2 Derrière le <i>lieu-motif</i> monolithique, une relation ternaire	145
5.3 Confronter les flux à la co-présence	146
5.3.1 Quantifier la population présente dans l'espace des lieux	146
5.3.2 Mesurer l'occupation de l'espace-temps	151
5.3.3 La matérialité de l'espace des flux	156
5.4 Confronter les déplacements à la présence	157
5.4.1 La mobilité comme ensemble de déplacements	158
5.4.2 La mobilité comme variabilité temporelle de la présence spatiale	161
Conclusion	167

Introduction

Le chapitre précédent examine la façon dont le produit de l'enquête est mis en forme dans un modèle conceptuel de données. Il détaille la nature des objets créés par l'enquête, les propriétés de ces objets et les liens inter-objets. L'idée développée est que la mise en forme du produit de l'enquête guide son exploitation, d'un point de vue à la fois technique et conceptuel, vers une approche déplacement-centrée.

Le présent chapitre prolonge la réflexion à travers trois analyses empiriques dont l'objectif est de jouer avec les contraintes et les limites du dispositif d'enquête. Cette catachrèse des EMD vise à une meilleure compréhension de la façon dont la mobilité est appréhendée à travers ses instruments de quantification. Elle permet aussi de montrer l'intérêt du modèle de données séquentiel proposé dans le Chapitre 4. Les avantages de ce ré-agencement y ont été présentés de façon théorique, il s'agit maintenant de les confronter à la pratique au travers d'analyses empiriques.

Ces trois analyses s'inscrivent dans une même unité thématique : l'activité et la présence. Ces deux objets de recherche entretiennent des liens étroits pour plusieurs raisons. La première est que les recherches sur les programmes d'activités et la présence spatio-temporelle s'inscrivent dans une même approche qui fait le lien entre la mobilité et les modes de vie. Ces approches se focalisent souvent sur l'individu, avec l'idée que les approches agrégées ne sont pas suffisantes et qu'il faut revenir au niveau de l'individu pris dans les contraintes de son environnement. C'est l'idée que T. Hägerstrand (1970, 1978) a proposé très tôt, et qui a été développée par la suite (Raux *et al.* 1988). La seconde raison est étroitement liée à la première : il est techniquement et conceptuellement difficile d'appréhender la présence des individus durant leur mobilité. Pour cette raison, la présence des individus est souvent synonyme de *présence immobile*, ce que la *time geography* appelle des « stations ».

Après un état de l'art des recherches sur les activité et la présence, une première analyse empirique questionne les liens entre activité et mobilité. La deuxième analyse confronte une approche par les flux avec une approche par la co-présence. Enfin la troisième analyse confronte une analyse par les déplacements avec une approche par la présence spatio-temporelle. Ces trois analyses s'appuient sur le ré-agencement du modèle conceptuel de données proposé dans le Chapitre 4 (Section 4.2). Les EMD sont nées pour produire et analyser des déplacements et des flux. Déplacements et flux ont constitué jusqu'à aujourd'hui le principal angle d'approche de la *mobilité quotidienne* alors que d'autres angles d'approche produisent une lecture différente de ce phénomène. Les trois analyses présentées dans ce chapitre confrontent donc cette lecture classique à une lecture par les activités et la présence. Cette confrontation mène à une réflexion sur la mise en forme de la *mobilité quotidienne* par les EMD et à une discussion sur ses limites.

5.1 Activité et présence : un état de l'art

Les dix dernières années ont vu se développer un grand nombre d'études et de recherches visant à estimer la population présente sur un créneau spatio-temporel et ainsi dépasser la vision réductrice qui ne considère que la population résidente. En France, la Direction du tourisme a réalisé une enquête pour quantifier la population présente dans les départements français durant les douze mois de l'année (Terrier 2006b). Ces travaux sont liés à d'importantes redéfinitions dans le champ de la géographie économique et de l'économie spatiale (Davezies 2008) qui ont mené à la distinction par l'INSEE de deux sphères constituant l'économie d'un territoire : la *sphère résidentielle* et la *sphère présente*. En outre, plusieurs travaux ont tenté d'estimer la population présente à une échelle spatio-temporelle plus fine, en suivant les mouvements d'individus au sein d'une agglomération durant la journée (Banos et Thévenin 2005, Bertrand *et al.* 2008, Hurez 2010, CERTU 2013). Aux Etats-Unis, le bureau du recensement a mis en place une méthode standard pour comptabiliser la population présente durant la journée dans les quartiers d'une agglomération (U.S. Census Bureau 2013), et certaines villes comme San Diego ont développé des modèles pour estimer plus finement la présence des individus tout au long de la journée (San Diego's Regional Planning Agency 2000).

Ce regain d'intérêt pour la présence ne doit pas pour autant faire penser qu'il s'agit d'une préoccupation récente. La plus ancienne mention retrouvée date en effet de la fin des années 1930, quand Crowe (1938) pose la question suivante : « is progressive geography to be solely concerned with the distribution of *Homo dormiens*? » (Haggett *et al.* 1977, citation de Crowe p.27). Dans le même esprit Engel-Frisch (1943) constate que la distribution spatiale des résidents n'est pas suffisante pour comprendre le fonctionnement d'un espace urbain et qu'il faudrait également s'intéresser à la distribution temporelle de la présence des individus.

5.1.1 L'épaisseur sociologique de la présence

Les notions de présence et de co-présence renvoient en premier lieu à l'École de Chicago et à la sociologie interactionniste d'Erving Goffman (1971). Ces recherches ont été introduites en France par l'intermédiaire d'Isaac Joseph qui les a traduites et poursuivies (Joseph 1984; 1989; 1998). Dans ce cadre, l'espace public est conçu comme un espace de représentation de soi et d'interaction avec l'autre, cadre que Joseph a investi en s'intéressant particulièrement aux espaces de la mobilité (gares, stations de métro), faisant ainsi le lien entre la circulation et l'interaction (Joseph 1998, p.53) : « l'expérience ordinaire d'un espace public nous oblige en effet à ne pas dissocier espace de circulation et espace de communication. » Les études sur la mobilité connaissent depuis la fin des années 1990 des redéfinitions massives, à tel point que le terme de *mobility turn* proposé par John Urry (2000) est devenu un mot-clef d'un nombre croissant de publications. La co-présence

est l'une des notions pivots de sa sociologie des mobilités et Urry l'emploie dans son sens originel issu de la sociologie de Goffman.

Dans le cadre de la *time geography*, la co-présence peut être définie comme la présence de plusieurs individus sur un même créneau spatio-temporel, c'est-à-dire la convergence de plusieurs trajectoires spatio-temporelles (Miller 2005, Zandvliet 2006). Le faisceau ou agrégat spatio-temporel (*spatio-temporal bundle*) peut correspondre à une « poche d'ordre local » (*pocket of local order*), c'est-à-dire un créneau spatio-temporel investi par un système de régulations qui permet l'accomplissement d'une activité (Lenntorp 2004, Ellegård et Vilhelmson 2004). Il est alors nécessairement un espace de représentation et d'interaction dans le sens de la sociologie interactionniste. Cependant, l'agrégat spatio-temporel peut également être un regroupement arbitraire qui vise à compter le nombre d'individus présents sur un créneau spatio-temporel, sans qu'il soit question d'interactions entre eux. Foley et Breese (1951) cherchent par exemple à comptabiliser le nombre d'individus présents dans le *Central Business District* (CBD) de Chicago entre 12h et 15h. C'est cet usage moins restrictif qui est retenu ici.

Est-il pertinent pour désigner cet agrégat spatio-temporel d'utiliser la notion de co-présence, marquée du sceau de la sociologie interactionniste, alors que d'autres termes à la fois plus neutres et plus englobants pourraient être employés, comme celui de « co-localisation » (Beaulieu 2010)? Le parti pris dans cette section est de répondre par l'affirmative et de conserver la notion de co-présence. La co-localisation et la localisation renvoient uniquement à la dimension spatiale alors que les notions de co-présence et de présence se réfèrent à la fois à la dimension spatiale et à la dimension temporelle. Ce sont donc ces notions les plus efficaces pour désigner dans le langage courant les trajectoires et les agrégats spatio-temporels de la *time geography*.

Dans les travaux présentés par la suite, trois types d'objets se dégagent, souvent liés mais distincts : la *mobilité quotidienne* (Bertrand *et al.* 2008), la composition temporellement variable de l'espace d'étude (Zandvliet 2006) et l'ensemble de la structure écologique urbaine (Goodchild et Janelle 1984, Janelle *et al.* 1997). Il s'agit dans les trois cas d'appréhender des dynamiques à l'échelle d'une agglomération et non des interactions à l'échelle individuelle.

5.1.2 Flux et co-présence : une naissance conjointe

La première étude empirique sur la co-présence est certainement celle réalisée par Gerald Breese, s'appuyant sur des données issues de comptages dans les transports publics et d'enquêtes cordon (Breese 1949)⁴⁹ : il y décrit la population diurne du *Central Business Districts* (CBD) de Chicago pour un jour ouvrable type de mai 1940 et analyse les tendances entre 1926 et 1940. Plusieurs articles postérieurs de G. Breese et D. Foley

49. Ce document n'a pas pu être consulté. Il est cité dans les articles postérieurs de G. Breese et D. Foley.

reprennent et développent cette étude originelle (Foley et Breese 1951, Foley 1952; 1954). Ils proposent un jeu de trois mesures, toutes rapportées à la population résidente et exprimées en nombre de personnes pour 1 000 résidents de l'aire métropolitaine :

- *Entrance ratio* : nombre total de personnes entrant dans le CBD durant une période de 12 heures (7h-19h), incluant les personnes qui se rendent dans le CBD et celle qui ne font que le traverser.
- *Destination ratio* : nombre total de personnes ayant le CBD pour destination durant une période de 12 heures (7h-19h).
- *Accumulation ratio* : accumulation maximum de personnes dans le CBD, en général à une période entre 12h et 15h.

Comparant plusieurs agglomérations, ils en concluent à l'importance fonctionnelle du CBD mesurée à la fois en termes de flux (au moins 1 personne sur 5 se rend dans le CBD durant un jour ouvrable) et en termes de co-présence (au pic d'accumulation, 1 résident sur 10 se trouve dans le CBD). Ils mentionnent déjà dans ces articles une difficulté liée à la coexistence de deux dispositifs de quantification des déplacements : les « comptages cordon » (*cordon counts*) et les enquêtes origine-destination, pouvant être réalisées au domicile ou en bord de route (ici à l'entrée du CBD).

À la même époque, F.S. Chapin et P.H. Stewart (1959, original dans *The american city*, 1953) estiment la population diurne dans la ville de Flint (Michigan). Ce travail s'appuie sur une enquête ménages déplacements ainsi que sur des comptages cordon et mène à la réalisation d'une carte des densités de population à différentes heures de la journée (cf. Figure 5.1). Les auteurs mentionnent plusieurs domaines de possibles applications de ce type de données : la planification des transports, la planification urbaine et enfin la gestion de crise (défense et catastrophe naturelle).

Dès le début des années 1980, Goodchild et Janelle (1984) étudient la structuration temporelle de l'écosystème urbain à partir d'une enquête *ad hoc* auprès de 1 500 individus d'Halifax (Canada) remplissant un carnet spatio-temporel (*space-time diary*). L'arrière-plan théorique qui guide ces auteurs est celui de l'écologie urbaine de l'École de Chicago. Ils cherchent à reproduire avec des données réelles l'expérience que Taylor et Parkes (1975) avaient réalisée avec des données simulées. L'objectif annoncé est l'intégration d'une taxonomie de l'espace social avec une taxonomie du temps social.

Plusieurs travaux réalisés à l'université polytechnique de Milan (Bonfiglioli 1997) développent le concept de « chronotope », défini comme « lieu urbanisé et transformé au cours d'un temps historique, habité par des populations résidentes ou temporaires avec des cycles d'usages qui dessinent globalement des architectures temporelles caractéristiques, où la présence des populations se distribue dans la journée de 24 heures à palimpseste ou en mélange de co-présences » (Guez 2002, p.102). Comme la plupart des auteurs travaillant

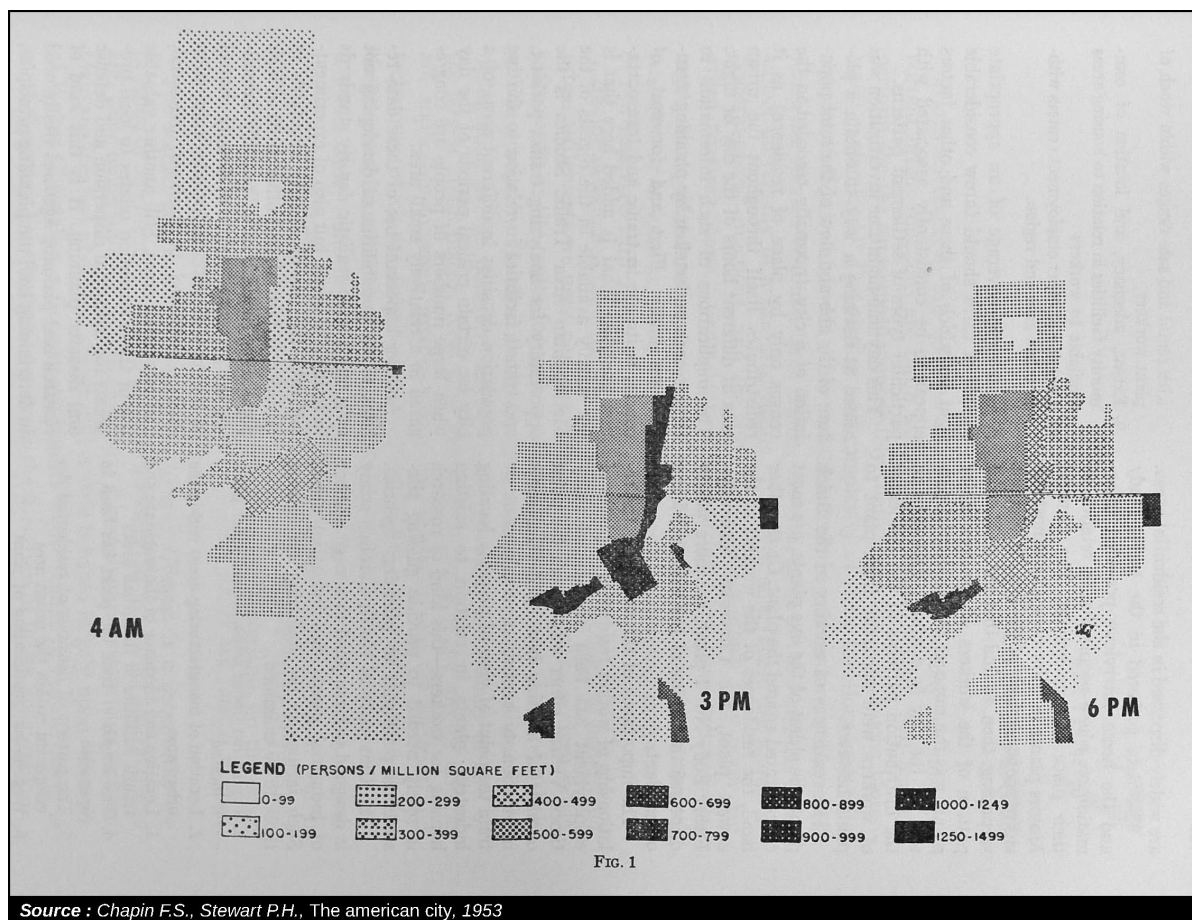


Fig 5.1 – Densités de population durant la journée

sur la co-présence, ceux qui travaillent à la suite de S. Bonfiglioli insistent sur le fait que les données disponibles ne sont pas adaptées à ce type d'approche.

On pourrait s'attendre à ce que l'étude de la présence dynamique des individus dans l'espace soit un champ d'application privilégié de la *time geography*. En réalité, T. Hägerstrand et ses collègues de Lund sont rarement cités dans ces travaux et les approches de *time geography* contribuent peu à cette étude. Kwan (2000) propose deux méthodes qui se rapprochent de l'estimation d'une population présente, mais dans le premier cas (p.193) il s'agit d'une densité d'activités, fixe au cours de la journée. Dans le second cas (p.195) il s'agit d'une présence en fonction de la distance au domicile et non d'une présence localisée sur l'espace d'étude. Cette rareté s'explique facilement par le caractère individu-centré de la *time geography*, l'un des objectifs d'Hägerstrand étant justement de dépasser les approches agrégées pour s'intéresser aux individus : « what about people in regional science? » (1970).

Quelques auteurs ont tenté la synthèse entre l'approche désagrégée de la *time geography* et l'estimation de présences agrégées. Zandvliet (2006), par exemple, procède par agrégation des trajectoires (*paths*) spatio-temporelles. Il définit de cette manière une population de

visiteurs constituée des individus présents dans une tranche spatio-temporelle donnée. Il définit également un environnement de visiteurs (*visitor population environment*) qui correspond à la structure de présence quotidienne pour un espace donné (p.22). Dans le même esprit Banos et Thévenin (2005) proposent une approche de modélisation qui vise d'abord à produire une information spatio-temporelle désagrégée pour la ré-agréger par la suite et produire des cartes de « rythmes urbains ».

Les études de la co-présence naissent donc en même temps que les études qui s'intéressent aux déplacements et aux flux. Malgré cette naissance conjointe, elles posent des questions différentes et apportent un éclairage alternatif sur la *mobilité quotidienne*. En premier lieu, se focaliser sur la présence et la co-présence permet de dépasser la vision de la *mobilité quotidienne* comme simple mécanique des fluides, qui répond à des questions sur les infrastructures et les services de transport. Cette approche porte la vision d'un espace urbain dynamique dont certaines parties se vident et se remplissent successivement au cours de la journée, tel un espace qui palpète. Ensuite, cette approche permet de dépasser la vision persistante des stocks fixes de population résidente : la ville de l'*homo dormiens*. L'apport est théorique mais donne aussi lieu à des applications très simples en termes d'indicateurs statistiques. Certaines agglomérations américaines construisent par exemple des taux de criminalité en rapportant le nombre de crimes non à la population résidente mais à la population présente (San Diego's Regional Planning Agency 2000). Enfin, d'un point de vue théorique, l'approche par la présence amène à penser les sociétés et leur espace dans un cadre mobile (Urry 2000, Chalas 2000, Retaillé 2009) : la ville n'est plus un ensemble de lieux fixes reliés par des flux mais une vaste présence mouvante.

5.1.3 La délimitation de la population présente

La question de la délimitation de la population considérée comme co-présente est fondamentale puisque, par définition, cette population est mouvante dans le temps et dans l'espace. Cette question détermine le nom à donner à cette population : population présente, population diurne, population de visiteurs ou encore population temporaire. La Figure 5.2 met en évidence les différentes populations potentiellement prises en compte sur la base de trois critères.

Le premier critère renvoie à l'espace de référence pour estimer la population présente dans une unité spatiale donnée. Trois niveaux sont distingués : les individus qui résident dans l'unité spatiale dont on cherche à quantifier la population présente (Niveau 1, ex. : CBD de Chicago), les individus qui résident hors de cette unité mais à l'intérieur de l'aire d'étude (Niveau 2, ex. : aire métropolitaine de Chicago), les individus qui résident hors de l'unité spatiale concernée et hors de l'aire d'étude (Niveau 3, ex. : reste du monde). Les niveaux 2 et 3 sont en pratique étroitement liés aux données utilisées : lorsqu'il s'agit d'une enquête type EMD, l'aire d'étude coïncide avec le périmètre de l'enquête qui est souvent celui de l'agglomération ou de l'aire urbaine. L'enquête produit une information sur les déplacements, et donc sur la présence, des individus résidant dans ce périmètre, laissant

		Résident Niveau 1	Résident Niveau 2	Résident Niveau 3		
Au domicile		1_d	2_d	3_d		
Hors domicile		1_i	2_i	3_i	Immobile	
		1_m	2_m	3_m	Mobile	

Résidents Niveau 1 : résidents de l'unité spatiale concernée
Résidents Niveau 2 : résidents dans l'aire d'étude
Résidents Niveau 3 : résidents hors de l'aire d'étude

Cellule pas ou peu pertinente
Cellule pertinente

Fig 5.2 – Définition des populations présentes

hors de son champ tous les individus de passage, en particulier les touristes. Le niveau 3 regroupe alors les individus résidant dans le reste du monde qui sont momentanément présents dans l'unité spatiale à l'étude : il s'agit des touristes (présents pour au moins une nuit hors de leur espace de résidence) et des excursionnistes (présents hors de leur espace de résidence mais sans nuit). Dans une enquête telle que l'EGT, le périmètre est la région Île-de-France, les individus qui n'y résident pas font partie du niveau 3 ; dans le cas de l'enquête nationale des Pays-Bas qu'utilise Zandvliet (*Netherlands National Travel Survey*), le périmètre d'enquête est l'ensemble du pays.

Le deuxième critère fait référence au domicile des individus, ceux-ci peuvent être présents au domicile et hors du domicile. Dans le cas des individus de niveau 2, la présence au domicile n'est jamais pertinente puisque celle-ci se situe, par définition, en dehors de l'unité spatiale dont on cherche à estimer la population présente. Dans le cas des individus de niveau 3, il faut distinguer les touristes des excursionnistes. La présence au domicile des excursionnistes ne présente pas d'intérêt puisqu'elle se situe hors de l'aire d'étude. En revanche, il est possible de considérer le lieu où les touristes font leur nuitée, lieu situé à l'intérieur de l'espace d'étude, comme un domicile (hôtel, camping, appartement de location). La cellule 3_d de la Figure 5.2 prend alors tout son sens. Cette population est loin d'être négligeable dans certaines agglomérations, mais elle très rarement prise en compte.

Le troisième critère distingue, au sein de la présence hors du domicile, les épisodes immobiles (les *stations* de la *time geography*) des épisodes mobiles (les déplacements). Cette distinction est cruciale : dans de nombreux cas, la présence est fondée sur les *stations*, ce qui revient à associer présence et immobilité (cf. Section 5.2). Ce parti pris est lié à des difficultés techniques et conceptuelles dans le fait de considérer les individus mobiles à l'intérieur d'une unité spatiale comme effectivement présent dans cette unité. D'abord, les grands axes de transport sont souvent situés en bordure des unités spatiales considérées (cf. Section 7.1.2) : dans quelle commune sont présents les individus en train de se déplacer sur le périphérique parisien ? Ensuite, le mode de transport induit différents degrés de présence (cf. Section 5.3).

Les auteurs présentés précédemment définissent la population présente de façon plus ou moins explicite. Ce degré d'explicitation dépend essentiellement des objectifs de la recherche, des données utilisées et des méthodes employées. Breese et Foley s'intéressent exclusivement aux individus qui entrent et s'accumulent dans les CBD, ce qui correspondrait sur la Figure 5.2 aux cellules 2_i et 2_m , ainsi que les cellules 3_i et 3_m lorsque les données sont des comptages ou des enquêtes cordon. Leur angle d'approche est celui des données et des mesures, ils ne définissent pas explicitement la population à l'étude et tirent peu de conclusions théoriques.

Zandvliet (2006) définit une « population de visiteurs » sur la base des trajectoires (*paths*) spatio-temporelles de la *time geography*. La population de visiteurs est l'agrégation des individus réalisant des activités hors du domicile dans une unité spatiale et une unité temporelle donnée (p.21). Il s'agit donc des cellules 1_i et 2_i de la Figure 5.2. Banos et Thévenin (2005) ne nomment pas précisément la population à l'étude mais parlent plus généralement des « rythmes urbains », c'est-à-dire la vision d'un espace urbain dynamique dont certaines parties se vident et se remplissent successivement au cours de la journée : un espace qui palpite. Ils s'intéressent à la présence de tous les individus à l'intérieur et hors du domicile affectés au bâti de l'agglomération de Besançon, ce qui englobe les cellules 1_d , 1_i et 2_i de la Figure 5.2. Dans la même idée, les travaux du CERTU (Hurez 2010, CERTU 2013) cartographient cette espace dynamique qui se gonfle et se dégonfle et parlent de « pulsations urbaines ». Ils s'intéressent à la présence des individus à l'intérieur et hors du domicile, dans les épisodes mobiles et immobiles. Leur population présente comprend donc les cellules 1_d , 1_i , 1_m , 2_i et 2_m .

Les méthodes utilisées pour estimer la population présente peuvent être classées en trois grands types : l'estimation sur données de stock, l'estimation sur données de flux et l'estimation par modélisation.

L'estimation sur données de stock est la méthode la plus simple mais également la plus statique et la moins riche. Elle consiste, pour une unité spatiale donnée, à sommer la population résidente avec la population de navetteurs. L'U.S. Census Bureau (2013) propose deux méthodes équivalentes pour estimer la population diurne d'une zone i :

- Résidents en i + Emplois localisés en i - Actifs résidant et travaillant en i
- Résidents en i + Navetteurs entrants - Navetteurs sortants

Ce type de méthode est utilisé par M. Mille (2000), qui la raffine en ajoutant une composante dynamique issue de données sur les heures de pointe et sur la fréquentation d'établissements commerciaux.

L'estimation sur données de flux est plus riche puisqu'elle s'appuie sur une information qui confère aux individus des propriétés temporellement estampillées (*time stamped*, cf. Section 4.2.1). Connaissant les déplacements ou les activités réalisées par un échantillon

d'individus tout au long de la journée, il est possible de réaliser des agrégations spatio-temporelles et de comptabiliser les individus présents dans les unités spatiales durant des intervalles de temps. L'information peut être produite par des comptages cordon, par des enquêtes cordon, par des enquêtes ménages déplacements ou par des enquêtes *ad hoc*. Cette approche a été très tôt utilisée par Breese et Foley (1952, 1954), puis par [Goodchild et Janelle \(1984\)](#), [Zandvliet \(2006\)](#), ou encore [Bertrand *et al.* \(2008\)](#). La méthode est séduisante parce qu'elle permet de considérer la composition sociale de l'espace urbain dans sa pleine dimension spatio-temporelle et de générer une information socio-démographique d'un espace à n'importe quelle heure de la journée ([Janelle *et al.* \(1997\)](#)). Elle pose cependant de gros problèmes techniques et conceptuels, problèmes qui font l'objet de cette section, et que d'autres auteurs ont cherché à contourner par des méthodes de modélisation.

L'estimation par modélisation part du constat que les dispositifs d'enquête ont d'importantes carences pour estimer les populations présentes, et que ces carences peuvent être comblées par des modèles. Ainsi, [Banos et Thévenin \(2005\)](#) cherchent à produire une image des rythmes urbains par la modélisation, pour pallier les faiblesses du dispositif d'enquête, en particulier sa granularité spatiale et temporelle grossière. Ce type de méthode est également utilisé par la San Diego's Regional Planning Agency ([2000](#)) pour produire des cartes de la population présente.

Les travaux qui estiment une population présente à partir d'enquêtes se heurtent à une difficulté majeure qui tient à la façon de conceptualiser et donc d'enregistrer les lieux et les activités. Cette difficulté tient à la notion de *lieu-motif* dont l'origine est détaillée dans la Section [2.2.2](#) et elle n'est jamais explicitée. La section suivante l'expose à la lumière d'une analyse empirique et propose une autre façon de concevoir et d'enregistrer les activités et les lieux.

5.2 Dénouer les liens entre lieu et activité

La division fonctionnelle de l'espace urbain est un phénomène largement lié à la révolution industrielle qui s'est accentuée au début du XX^e siècle par le truchement des pratiques de planification urbaine ([Topalov 1988](#)). Le zonage fonctionnel se traduit par des dispositifs légaux dès les années 1920 aux États-Unis : dans le contexte américain des premières heures cette pratique n'est pas du tout acquise ([Power 1989](#)). Mais elle est rapidement relayée par le mouvement moderniste qui contribue à l'asseoir théoriquement et à la diffuser spatialement. Le modernisme en urbanisme et en architecture théorise la division fonctionnelle de l'espace urbain en faisant correspondre aux « fonctions humaines » (habiter, travailler) des zones de la ville ([Le Corbusier 1957](#)).

Cette section postule que la vision fonctionnaliste de la ville comme collection de zones monofonctionnelles reliées par des infrastructures est encapsulée dans l'enquête ménages déplacements à travers la notion de *lieu-motif*. Cette vision conduit à réifier des types

de lieux aux dépens de la diversité des usages. Elle se traduit dans l'enquête par une stricte coïncidence des types de lieux et des types d'activités : les zones résidentielles sont résidentielles pour tout le monde et l'activité qui s'y déroule est de demeurer au domicile, les zones de récréation sont des zones de récréation pour tous et l'activité qui s'y déroule est la pratique de loisirs.

Dans cette section, je mobilise l'enquête Emploi du Temps réalisée par l'INSEE (cf. Annexe C) pour mettre en évidence de façon empirique la non coïncidence des types de lieux et des types d'activités. Cette analyse empirique mène à une généralisation théorique sur les propriétés des lieux et des activités qui pourrait être mise en application dans le cadre de la production de données sur la *mobilité quotidienne*.

5.2.1 Décortiquer le *lieu-motif*







Les EMD comportent un *lieu-motif* très particulier, multi-activité, dans lequel les individus passent le plus clair de leur temps. Ce *lieu-motif* a certainement une influence sur les pratiques de mobilité mais il est très peu renseigné : il s'agit du domicile. Ces enquêtes étant conçues pour estimer des flux sur la voie publique, elles se focalisent sur les activités hors du domicile, faisant de celui-ci un *lieu-motif* monolithique, alors que c'est le lieu d'une grande variété d'activités. Les activités au domicile font l'objet d'un intérêt croissant depuis le début des années 1980, dans le cadre de travaux sur les effets des technologies de télécommunication sur la mobilité effective, en particulier les travaux sur le télé-travail et le télé-achat.

Une importante littérature aborde cette question, dans laquelle on retrouve des thèmes récurrents dans l'analyse des réseaux techniques. D'abord, la question de l'effet du réseau sur le territoire : le réseau de télécommunication a-t-il des effets structurants sur le territoire ou s'inscrit-il dans une dynamique préexistante (Ascher 1995, Savy 1998) ? Ensuite, la question de l'effet du réseau sur les pratiques de mobilité des individus : y a-t-il substitution, complémentarité ou complexification des pratiques (Salomon 1985, Couclelis 2004) ? Mokhtarian (1990) a établi une typologie des télé-activités pour mettre au clair leurs interactions avec la mobilité des individus et évaluer les différentes temporalités de ces relations.

L'analyse empirique réalisée ici sur l'enquête Emploi du Temps vise à mettre en évidence les contraintes et les limites du dispositif EMD. Cette enquête renseigne les activités réalisées sur une journée de 24 heures, avec un pas de temps de 10 minutes et un découpage en 140 modalités d'activités. Son intérêt se trouve dans la façon de considérer les lieux et les déplacements.

D'abord, à la différence des EMD, elle considère le déplacement comme une activité, au même titre que les autres, et non comme un *entre-deux-activités*. Ensuite, elle permet de rendre compte de la multi-activité, introduisant la possibilité, par exemple, de renseigner des activités réalisées durant le déplacement. En ce sens elle brise le lien d'exclusion entre

activité et mobilité (cf. Figure 5.1). Enfin, l'enquête Emploi du Temps considère comme deux choses distinctes l'activité réalisée en un lieu et le lieu dans lequel sont réalisées les activités, elle brise donc le lien d'appariement exclusif sur lequel repose la notion de *lieu-motif* des EMD : une activité unique réalisée dans un lieu unique.

	Activité	Inactivité
Mobilité		
Immobilité		
 Lien d'intrication  Lien d'exclusion		

H. Commenges, UMR Géographie-cités, 2013

Tab 5.1 – Liens entre mobilité et activité

La Figure 5.3 montre un échantillon de 25 individus : dans la figure de gauche les états sont des lieux, dans celle de droite les états sont des activités. Alors que les séquences de lieux sont très similaires, les séquences d'activités sont très différentes. Cette première distinction est visible malgré l'agrégation grossière des modalités des états, huit modalités pour les activités et cinq pour les lieux. La Figure 5.4 montre deux échantillons de 25 individus. Une lecture horizontale des séquences d'activités (1^e ligne) montre des emplois du temps assez similaires entre les deux échantillons, comparables quant à la durée de ces activités et à leur organisation. Une lecture horizontale des séquences de lieux (2^{de} ligne) met en évidence une différence quant aux lieux fréquentés : les individus de l'échantillon 1 passe une grande partie de la journée sur leur lieu de travail, mais également dans des lieux divers et au domicile d'autrui. Les individus de l'échantillon 2, en revanche, restent à leur domicile toute la journée.

Cette exploitation de l'enquête Emploi du Temps met en évidence une limite très importante d'une notion centrale des EMD. Derrière le *lieu-motif* monolithique, elle amène à distinguer nettement ce qui relève du type de lieu et ce qui relève du type d'activité. Le constat que les télétravailleurs (échantillon 2) travaillent à domicile est loin d'être trivial si on prend en compte les bouleversements de l'organisation spatiale du travail. La société pré-industrielle se caractérisait par une coïncidence spatiale de la sphère domestique et de la sphère du travail. La révolution industrielle a séparé ces deux sphères et a contribué à éloigner les lieux de travail et de résidence. La révolution informationnelle tend à brouiller les pistes par trois mécanismes : elle déplace les activités privées vers le lieu de travail, elle insère le travail vers la sphère privée (Broadbent 2011) et elle fait apparaître des lieux tiers de télétravail (Amar 2010). Dans ce contexte, distinguer le lieu et l'activité devient crucial pour comprendre les modes de vie et les pratiques de mobilité des individus.

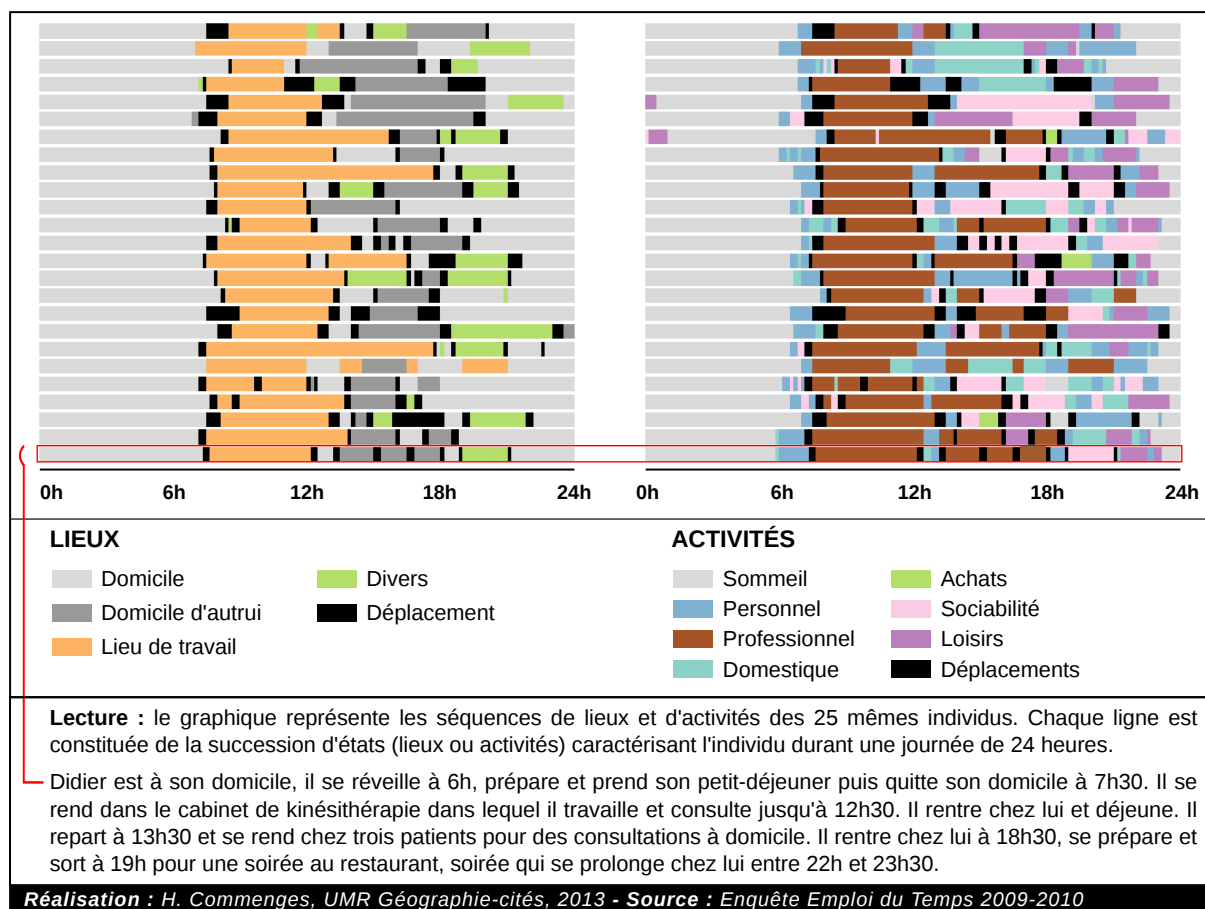


Fig 5.3 – Séquences d'états d'un échantillon de 25 individus

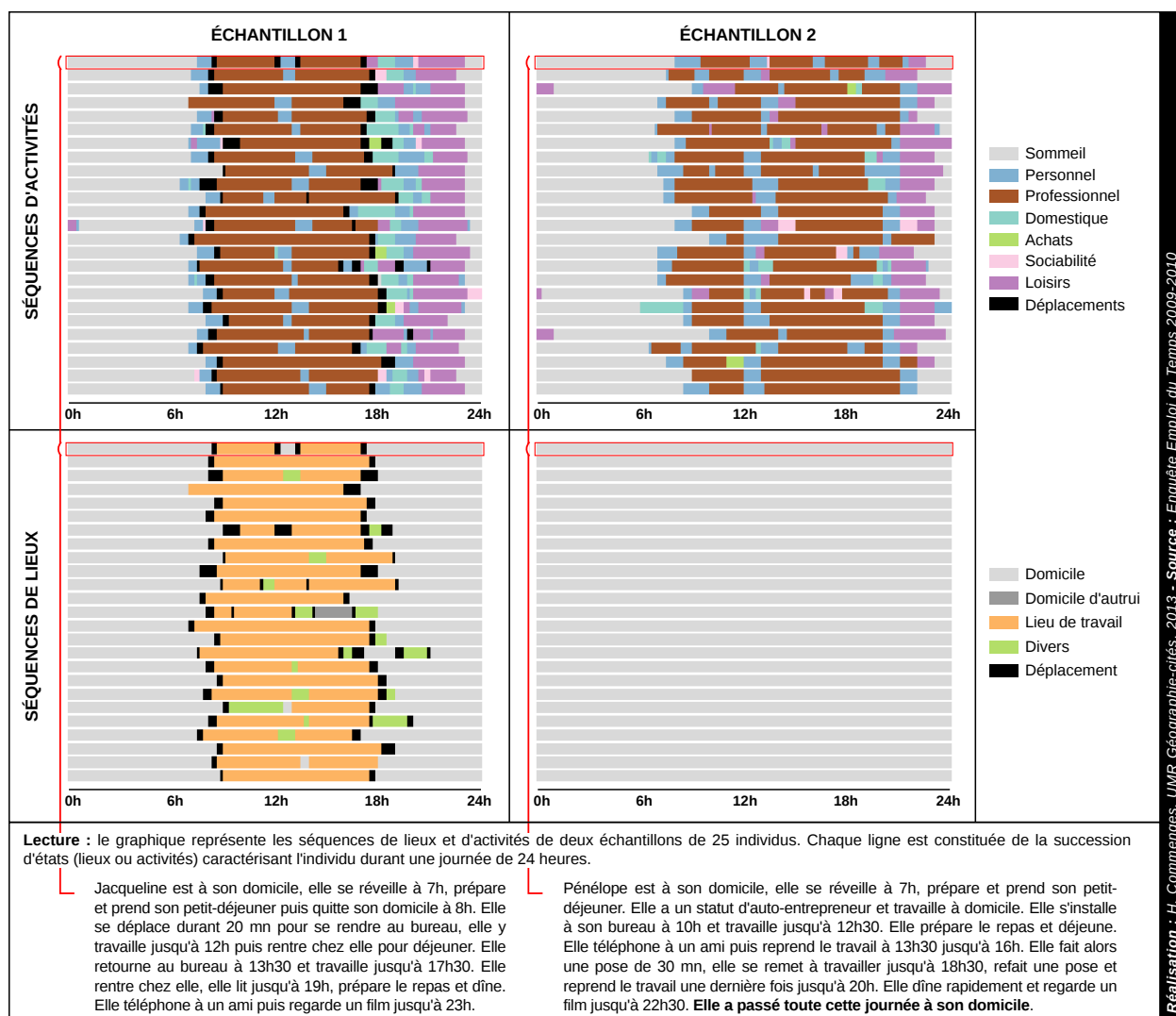


Fig 5.4 – Séquences d'états de deux échantillons de 25 individus

5.2.2 Derrière le *lieu-motif* monolithique, une relation ternaire

À la lumière de cet exemple, je propose de structurer la production de données sur la *mobilité quotidienne* autour de trois notions : la localisation du lieu (géolocalisation ponctuelle ou zonale) qui peut être absolue ou relative, la sémantique du lieu (domicile, lieu de travail, etc.) qui est relative à chaque individu et l'activité localisée.

La localisation du lieu indique sa position dans l'espace et trois aspects de cette localisation peuvent être distingués. D'abord, son implantation qui peut être ponctuelle (coordonnées) ou zonale. Ensuite, son caractère fixe ou variable, qui indique si l'activité est réalisée durant un épisode d'immobilité ou de mobilité de l'individu. Enfin, son caractère absolu ou relatif : toute localisation s'inscrit dans un référentiel et, à ce titre, toute localisation est relative à ce référentiel. Cependant, lorsque la

localisation est relative au référentiel terrestre, il est commode de la qualifier d'absolue. Lorsque elle est relative à un référentiel inclu dans le référentiel terrestre, elle pourra être qualifiée de relative. Il est rare mais possible d'étudier parallèlement la localisation d'individus dans différents référentiels, la mobilité des passagers d'un train par exemple : ceux-ci peuvent être immobiles vis-à-vis du référentiel train mais mobiles vis-à-vis du référentiel terrestre, mobiles dans les deux référentiels, immobiles dans les deux, voire mobiles dans le référentiel train et immobiles dans le référentiel terrestre.

La sémantique du lieu indique ce qu'il représente dans l'espace de vie de chaque individu. Cette sémantique du lieu ne coïncide pas avec sa localisation qui, elle, est absolue vis-à-vis des individus. Ce constat est évident dans le cas des lieux de domicile : ce qui est le domicile pour un individu est le domicile d'autrui pour un autre. Mais il est également valable pour d'autres types de lieux : un centre commercial peut représenter le lieu d'achat pour un individu et le lieu de travail pour un autre.

Ainsi, l'activité n'est pas seulement localisée par l'attribut géographique signalant sa position, fixe ou variable, dans l'espace. Elle est également localisée par l'attribut sémantique qui renseigne sur ce que le lieu représente pour l'individu qui réalise l'activité. Il existe évidemment une corrélation entre ces trois attributs : (1) certaines activités (acheter) sont réalisées principalement dans certains types de lieux (magasins), mais cette corrélation est de plus en plus lâche avec le développement des télé-activités. (2) Les types d'activités sont localisés dans des lieux qui ne sont pas situés aléatoirement dans l'espace. En conséquence (3) il y a également un lien entre la réalisation d'une activité et sa localisation dans l'espace. Ces trois attributs entretiennent donc des relations étroites, mais ils sont clairement distincts. Leurs interrelations ne peuvent être étudiées que si le dispositif d'enquête les distingue.

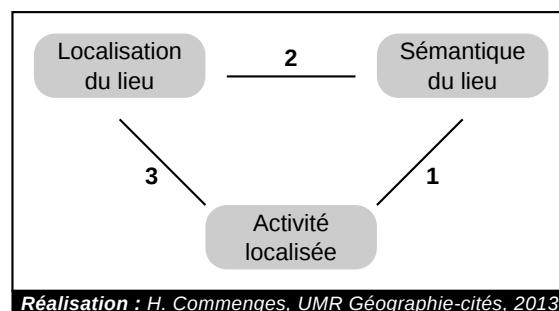


Fig 5.5 – Liens entre lieux et activités

5.3 Confronter les flux à la co-présence

Depuis qu'il existe des données renseignant sur des liens dirigés entre couples de lieux, il est classique de les analyser et de les représenter en termes de flux, en termes de stocks au départ ou à l'arrivée. Dans les études de mobilité, ces trois méthodes sont dominantes depuis les premiers travaux sur les navettes domicile-travail, et plus encore depuis le développement des dispositifs d'enquête de l'ingénierie du trafic (cf. Chapitre 3). Le flux, agrégation de déplacements, est un objet dérivé des enquêtes et des comptages, sa mesure et sa prédiction représentent l'objectif originel et principal de l'ingénierie du transport. Un autre type d'approche existe qui ne s'intéresse non plus au lien entre les lieux mais à la présence dans ces lieux. Cette approche est restée mineure mais elle existe elle aussi depuis les origines des dispositifs d'enquête.

Quelles connaissances sur l'espace et la mobilité apportent ces deux approches (flux et présence)? Cette question est abordée à travers la distinction opérée par M. Castells (1989, 1996) entre *espace des flux* et *espaces des lieux*. La concordance entre les notions de Castells et les deux approches citées n'est pas celle, intuitive, qui ferait correspondre d'un côté approche par les flux et espace des flux, et de l'autre approche par la présence et espace des lieux. Au contraire, l'hypothèse développée dans cette section est que la prédominance des approches par les flux traduit une difficulté à concevoir l'espace d'un point de vue relationnel. Reprenant la phrase d'Alain Méyère, l'« approche de tuyaux »⁵⁰ correspond à une conception statique : l'espace est découpé en zones, et ces zones sont reliées entre elles par des tuyaux dont il s'agit de planifier la localisation, le type et la taille. L'attention du planificateur se porte donc sur les liens mais dans le cadre d'un espace de lieux très éloigné du tout-relationnel proposé par certains auteurs (Graham et Marvin 1997, Graham 1998, Graham et Healey 1999).

Dans cette section je mobilise l'Enquête Globale Transport (EGT) et l'Enquête de Mobilité Quotidienne de la région de Barcelone (EMQ - *Enquesta de Mobilitat Quotidiana*, cf. Annexe C) pour mettre en place dans un premier temps une estimation de la population présente dans les lieux, puis pour mettre en évidence l'impossibilité de travailler avec les dispositifs actuels dans le cadre conceptuel de l'espace des flux.

5.3.1 Quantifier la population présente dans l'espace des lieux

L'estimation des populations présentes dans des unités spatiales données est immédiate grâce à la transformation du produit de l'enquête dans un modèle de données séquentiel (cf. Section 4.2.2). Les états considérés, qui caractérisent les individus tout au long de la journée, sont les communes. Une lecture verticale agrège tous ces états pour chaque

50. Entretien avec Alain Méyère, 19 avril 2011. L'analogie entre le trafic et le fluide est récurrente, dans le vocabulaire d'abord : l'*écoulement* du trafic, le flux (du latin *fluxus*, écoulement d'un liquide). Dans les méthodes ensuite : les modèles macroscopique d'écoulement du trafic sont le résultat d'un transfert des modèles utilisés en mécanique des fluides.

tranche temporelle de cinq minutes, et les fréquences relatives et absolues sont obtenues sans effort. On obtient ainsi le nombre d'individus présents dans chaque commune tout au long de la journée. Cette population présente englobe les catégories 1_d , 1_i et 2_i de la Figure 5.2.

Ce traitement est appliqué ici aux données de l'EGT 2001-2002. Dans une première approche, précautionneuse mais naïve vis-à-vis de la précision de ces estimations, seuls les arrondissements parisiens sont conservés puisqu'ils bénéficient d'un échantillon *a priori* acceptable.

La Figure 5.6 donne une image des rythmes urbains à l'intérieur de Paris conforme aux attentes : les arrondissements centraux (du 1^{er} au 10^e) voient leur population fortement augmenter durant la journée, alors que les arrondissements du Nord-Est (le 18^e et le 20^e en particulier) se vident durant la même période.

Cette image globale est peut-être acceptable, mais à y regarder de plus près, les estimations sont très imprécises. Le 8^e arrondissement, par exemple, attire l'attention : la population présente au pic de fréquentation est presque dix fois supérieure à la population résidente, passant de 21 000 individus à plus de 180 000. La confrontation de ces chiffres à ceux du recensement de 1999 sur lequel l'EGT 2001 est calée montre une erreur de 42% pour la population résidente, qui compte environ 36 000 individus âgés de plus de 6 ans. En ce qui concerne la population présente, l'estimation de l'erreur sera discutée plus loin, mais il est d'ores et déjà possible de comparer cette estimation à celle calculée par la méthode de l'U.S. Census Bureau (2013). Selon celle-ci, la population diurne (*daytime population*) serait égale à 192 000 individus (39 000 résidents + 163 000 emplois localisés - 10 000 individus qui résident et travaillent dans cet arrondissement)⁵¹. Ce chiffre est un *proxy* de la population réellement présente, mais il est pour le moment impossible d'estimer l'erreur attachée à cette estimation de 180 000 individus présents au pic de fréquentation. Cette analyse empirique montre qu'il n'est à première vue pas possible d'utiliser l'EGT ou, de façon plus générale, une EMD pour estimer la population présente au niveau municipal.

Il faut pourtant se garder de rejeter d'emblée cette approche et poursuivre dans cette voie avec une enquête à l'échantillon plus important. Une deuxième analyse est donc réalisée sur l'Enquête de Mobilité Quotidienne (EMQ - *Enquesta de Mobilitat Quotidiana*) de la Région de Métropolitaine de Barcelone (RMB)⁵². Celle-ci produit une information sur les déplacements et les individus similaire à une EMD française, mais elle présente deux avantages importants vis-à-vis de la précision des estimations. Comme c'est une enquête téléphonique (CATI - *Computer Assisted Telephone Interviewing*) elle est moins coûteuse

51. Les calculs sont réalisés à partir d'une exploitation du fichier complémentaire du 1999. Source : INSEE (producteur), CMH (diffuseur), Recensement de la population 1999 : tableaux "Mobilités". INSEE (producteur), CMH (diffuseur), Recensement de la population 1999 : tableaux "Références".

52. L'EMQ est mise à disposition par le Département de Politique Territoriale et Travaux Publics (DPTOP - *Departament de Polítiques Territorials i Obres Públiques*) de la Generalitat de Catalunya et par l'Autorité des Transports Métropolitains (ATM - *Autoritat del Transport Metropolità*). Voir l'Annexe C pour plus de précisions.

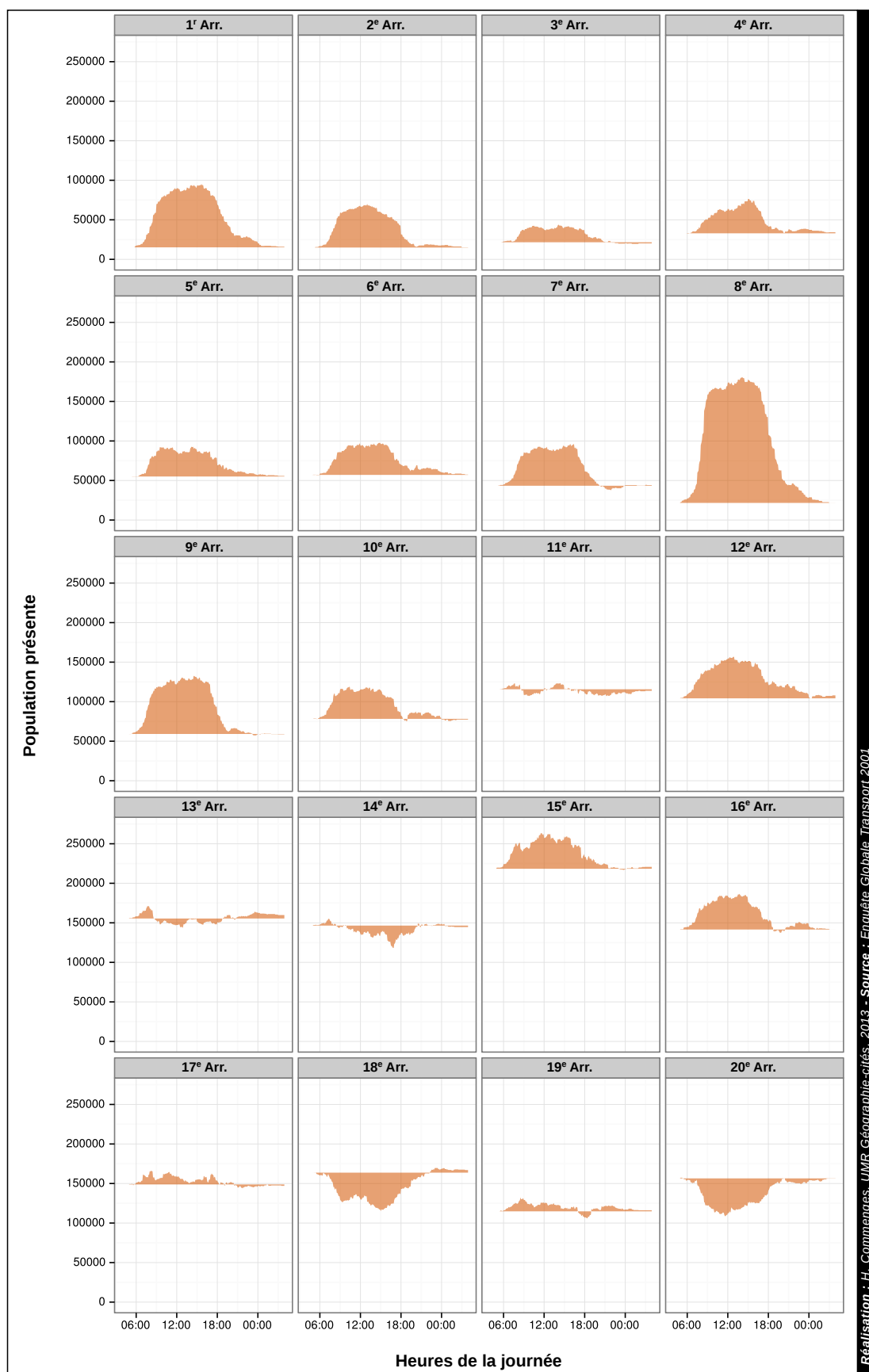


Fig 5.6 – Population présente dans les arrondissements parisiens

à réaliser et, en conséquence, l'échantillon est bien plus important. L'EGT compte un échantillon de 23 000 individus pour 1 300 communes alors que l'EMQ en compte 40 000 pour 164 communes. Il s'agit en outre d'une enquête individu et non d'une enquête ménage : les logements sont tirés au sort et, pour chaque logement, un individu est tiré au sort (« individu Kish »). Cette enquête n'est donc pas concernée par les effets de grappe qui affectent les EMD (CERTU 2006).

Le même type de traitement est réalisé pour les communes de la RMB, la Figure 5.7 présente trois profils : les communes qui se remplissent durant la journée (Martorell avec ses zones d'activités industrielles et Cerdanyola avec le campus de l'Université Autonome de Barcelone) ; celles qui se vident (Vilassar et Premià, deux communes résidentielles) ; celles qui maintiennent une population stables, proche de la population résidentielle (Parets del Vallès et Sant Just Desvern, qui sont des centres d'activité secondaires).

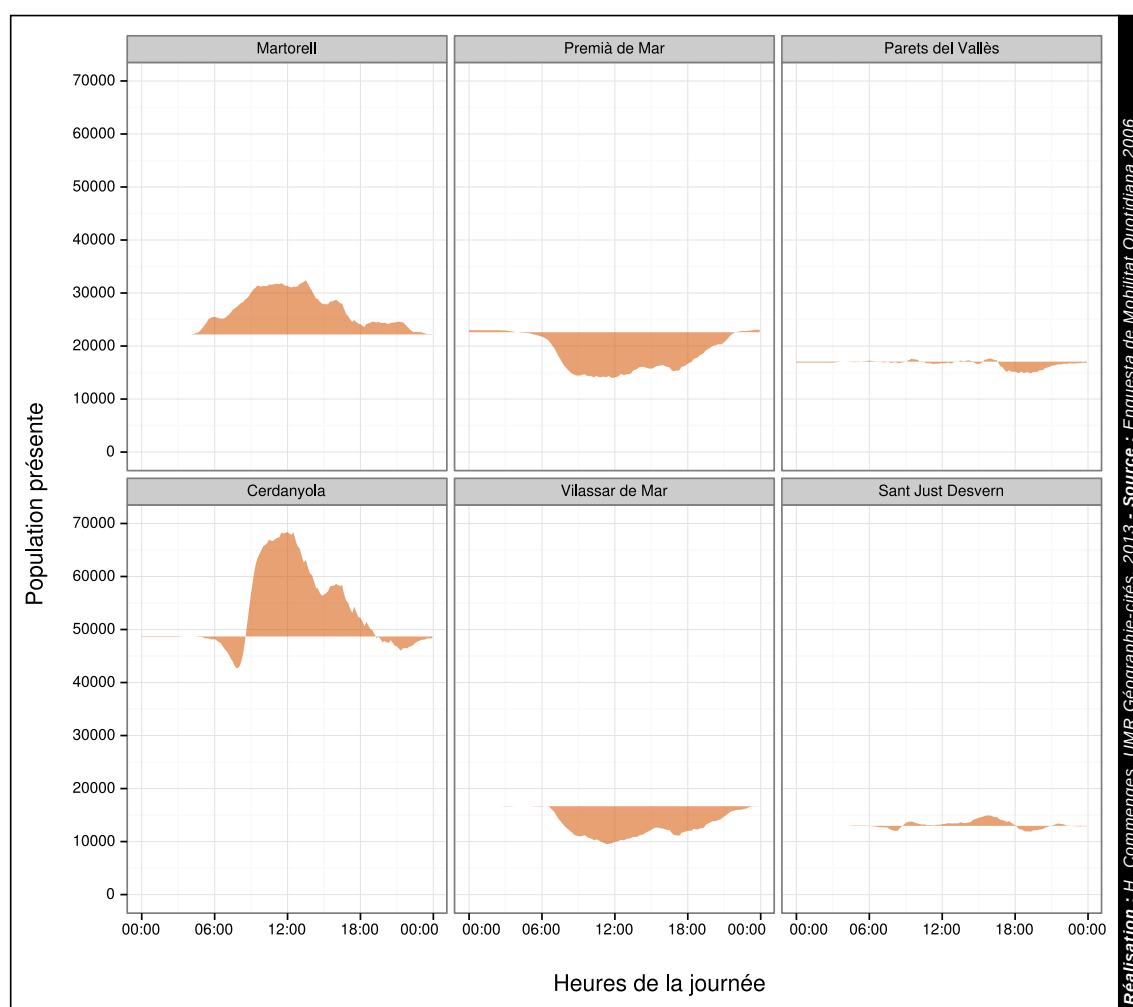


Fig 5.7 – Population présente dans six communes de la RMB

L'erreur dans l'estimation de la population résidentielle est acceptable, même s'il s'agit de communes relativement peu peuplées. Ce constat évident, résultat de la taille de

l'échantillon, laisse penser qu'il serait possible de réaliser ce type de traitements à condition que l'enquête ait un échantillon suffisant. En revanche, en l'absence de données de référence, l'erreur dans l'estimation de la population présente au cours de la journée n'est pas évaluable, ce qui pose la question plus générale de la précision des estimations des données de flux. En effet, l'estimation de la population présente s'appuie sur l'estimation des flux, l'erreur sur l'estimation des flux se répercute donc inmanquablement sur celle de la population présente.

Les calculs de marges d'erreur sur des estimations de moyennes et de proportions sont bien connus et constituent les fondamentaux de la statistique inférentielle. En revanche, le calcul de marges d'erreur sur des estimations de flux est peu documenté, le seul article repéré étant celui de [Cools et al. \(2010\)](#) qui ne cite pas de travaux similaires sur lesquels il s'appuie. Ces auteurs utilisent la méthode de simulation de Monte Carlo et justifient ce choix par l'absence de théorie statistique permettant d'estimer l'erreur dans le cas d'une matrice de flux. Ils partent de la matrice de flux de navettes domicile-travail, matrice exhaustive tirée du recensement de la population belge. Ils tirent 2 000 échantillons aléatoires de différentes tailles et calculent le pourcentage d'erreur moyen (MAPE - *Mean Absolute Percentage Error*) entre la matrice échantillonnée et la matrice exhaustive. Ils réalisent cette opération à différents niveaux d'agrégation spatiale : au niveau des communes, des districts et des provinces. Les résultats sont décourageants pour qui travaille avec des matrices de flux : au niveau le plus agrégé, celui des provinces (matrice de 11*11), un échantillon au dixième donne une erreur moyenne de 11 % ; au niveau des districts (matrice de 43*43), l'erreur moyenne est de 50 % ; au niveau des communes (matrice de 589*589), l'erreur est de 81 %.

Si l'erreur est déjà très importante sur des matrices de flux, qui sont des matrices à deux dimensions (origine, destination), elle est nécessairement bien plus importante sur des matrices qui ajoutent aux deux dimensions spatiales une dimension temporelle. À titre d'exemple, en Île-de-France la matrice de flux au niveau municipal fait une taille de 1300*1300, soit près d'1,7 millions de cellules. Si on y ajoute la dimension temporelle, une journée de 24 découpée en tranches de 10 minutes, la matrice finale fait 1300*1300*144, soit environ 243 millions de cellules.

Plusieurs solutions seraient envisageables pour pallier ce problème, la première étant de modéliser la population présente, comme font [Banos et Thévenin \(2005\)](#). Cette solution est écartée ici puisque l'objectif de cette section est de *faire avec* le dispositif d'EMD pour tester ses limites. Il s'agit donc d'estimer la population présente sans la reconstruire par modélisation. Deux voies peuvent être envisagées pour réduire l'erreur : l'agrégation spatiale et l'agrégation temporelle. Réduire l'erreur implique de faire des compromis : cet objectif n'est atteignable qu'au prix d'une perte d'information, spatiale et/ou temporelle.

5.3.2 Mesurer l'occupation de l'espace-temps

La première voie, celle de l'agrégation spatiale, est empruntée par [Bertrand et al. \(2008\)](#) qui estiment la population présente en Île-de-France à l'échelle départementale. Ces auteurs construisent un indicateur simple pour analyser les dynamiques de la population francilienne et la façon dont elle se répartit sur le territoire : il s'agit du « taux de présence », calculé à chaque instant pour un territoire comme le ratio entre le nombre de personnes présentes à cet instant sur ce territoire et le nombre de ses résidents. L'agrégation spatiale massive réduit bien sûr l'erreur, mais au prix d'une perte d'information qui relativise grandement l'intérêt de l'approche. La deuxième et la troisième voies sont plus fructueuses, elles sont explorées dans les paragraphes qui suivent.

La deuxième voie, celle de l'agrégation temporelle, vise à conserver une granularité spatiale fine, l'échelon municipal par exemple, en agrégeant les tranches temporelles. La façon la plus simple d'arriver à ce résultat est d'agréger la présence sur des tranches temporelles moins fines en faisant un simple comptage des personnes ayant été présentes dans un lieu donné durant une période de temps. Le problème de cette méthode est qu'elle ne tient pas compte de la durée de présence. Or la durée est une information d'intérêt qu'il serait pertinent de conserver.

La méthode développée par la suite respecte les trois objectifs suivants : conserver une granularité spatiale fine, agréger les tranches temporelles et conserver l'information sur la durée. Cette méthode est inspirée de deux champs différents : les études sur les mobilités circulaires de moyenne et longue distance d'une part, les études sur la consommation d'espace d'autre part. Certains travaux sur les mobilités circulaires ont montré l'apport que représente l'analyse de la durée des présences par rapport à la plus traditionnelle analyse des flux ([Berroir et al. 2009](#)). L'image de l'espace renvoyée par ce type d'analyse est bien différente : un lieu qui attire des flux importants n'est pas nécessairement un lieu investi sur une longue durée. Comment quantifier et agréger la présence temporelle des individus dans l'espace ? Il existe un indicateur utilisé depuis plusieurs décennies dans les études de stationnement qui s'applique originellement à la consommation d'espace par les véhicules ([Marchand 1984](#), [CERTU 2007](#), [Héran et Ravalet 2008](#))⁵³. Il s'agit de multiplier les véhicules par leur temps d'occupation de l'espace de stationnement et ainsi obtenir des véhicules-heures (*veh.h*). Plus généralement, la consommation d'espace est mesurée en multipliant une unité de surface par une unité de temps et exprimée en $m^2.h$.

L'agrégation temporelle de la présence des individus peut être mesurée par ce même indicateur, qui consiste à multiplier l'individu par la durée de sa présence dans un espace donné et obtenir une mesure exprimée en individus-heures (*ind.h*). Pour une unité spatiale i , une présence de 100 *ind.h* peut signaler la présence de 10 individus pendant 10 heures chacun ou de 20 individus pendant 5 heures chacun par exemple.

53. Bernard Marchand, qui est à l'origine des travaux sur la consommation d'espace en France, n'a pas pu être interrogé dans le cadre de la thèse. Le thème de la consommation d'espace a été rapidement abordé avec Jean Vivier qui était son collègue à la RATP durant les années 1970-1980

La Figure 5.8 montre le résultat de cette analyse sur l'EMD de la Région Métropolitaine de Barcelone (RMB). La première carte illustre la présence nocturne exprimée en individus-heures entre 20h et 8h. La seconde carte montre le ratio entre la présence diurne (8h-20h) et la présence nocturne (20h-8h), qualifié de « taux de présence ». La comparaison des deux cartes montrent bien le fonctionnement spatio-temporel de la région : la population résidente, correspondant à l'*homo dormiens* de Crowe (1938), dessine globalement des couronnes concentriques autour de la commune de Barcelone avec quelques centres secondaires plus éloignés. Le taux de présence, en revanche, montre le différentiel jour-nuit. Certaines zones se peuplent durant la journée : l'hypercentre de la région (Barcelone et quelques communes limitrophes), les centres secondaires et les principales zones d'activités industrielles. Entre ces centres attracteurs de mobilité, un ensemble de communes aux populations résidentielles (nocturnes) importantes se vident durant la journée, en particulier en périphérie de Barcelone.

Cette première analyse doit être confrontée à l'analyse plus classique qui consiste à caractériser les espaces selon le solde des flux. Dans ce cadre, il est courant de distinguer de grands pôles d'attraction, définis par un solde très positif et des espaces-réservoirs, par exemple des communes-dortoirs, définies par des soldes très négatifs. Le solde des flux apparaît intuitivement lié au taux de présence calculé comme le ratio entre population diurne et population nocturne : un espace qui se vide en termes de flux se vide certainement en termes de présence.

La confrontation de ces deux analyses permet de déterminer si l'entrée par la co-présence et la durée modifie la lecture ou si elle est redondante vis-à-vis de l'entrée par les flux. La Figure 5.9 expose les résultats d'une régression linéaire entre ces deux variables : le solde relatif de flux et le taux de présence. Il y a bien une relation entre les deux, relation linéaire qui s'ajuste avec un coefficient de détermination de 0,69. Si l'ajustement est assez bon, il y a malgré tout des résidus importants. Les communes aux résidus fortement positifs ont un solde de flux supérieurs à ce que le taux de présence laisserait supposer. À l'inverse, les communes aux résidus fortement négatifs ont un solde de flux inférieurs à ce que le taux de présence laisserait supposer. En d'autres termes, les premières ont une forte capacité à attirer les individus par rapport à leur capacité à les maintenir en leur sein. À l'inverse, les secondes ont une forte capacité à maintenir les individus en leur sein par rapport à leur capacité d'attraction. Le premier type de communes est qualifié de *communes de passage* et le second de *communes de permanence*.

Un examen plus précis du modèle de régression nourrit cette première analyse. Les résidus semblent dépendants de la valeur de la variable prédite à double titre : la variance des résidus diminue quand la variable prédite augmente et la valeur des résidus augmente quand la variable prédite augmente. En deça de la valeur -0,37 pour la variable prédite, on trouve presque tous les résidus fortement négatifs, au-delà on retrouve presque tous les résidus fortement positifs.

Une interprétation spatiale de ce phénomène s'impose. Les *communes de passage* dessinent une image des centralités intermédiaires de la région métropolitaine (Commenges et

Mendizábal Riera 2011). Il s'agit de la commune de Barcelone et des centres secondaires : Vilanova i la Geltrú, Vilafranca del Penedès, Granollers, Mataró, qui sont également les capitales de *comarques*⁵⁴. Les communes très industrialisées, qui se distinguaient par un fort taux de présence dans l'analyse précédente, disparaissent : ces zones ont un solde très positif mais les individus qui s'y rendent y restent sur la durée, à la différence des *communes de passage* qui sont plus turbulentes.

Cette première analyse montre l'intérêt d'une entrée par la co-présence et la durée, complémentaire d'une entrée par les flux. Ici, la finesse du découpage spatial a été conservée grâce à une agrégation temporelle massive. C'est le prix à payer pour maintenir l'erreur d'estimation dans des limites acceptables, même si cette erreur ne peut être évaluée précisément. Au-delà de l'intérêt de confronter les deux approches, cette analyse de la co-présence introduit une difficulté conceptuelle majeure, qui a été masquée jusqu'à présent : comment considérer les individus mobiles, comment appréhender l'espace des flux ?

54. Les *comarques* sont des circonscriptions administratives issues d'un travail de géographie régionale d'inspiration vidalienne. Ce découpage de la Catalogne, conçu par Pau Vila, date des années 1930.

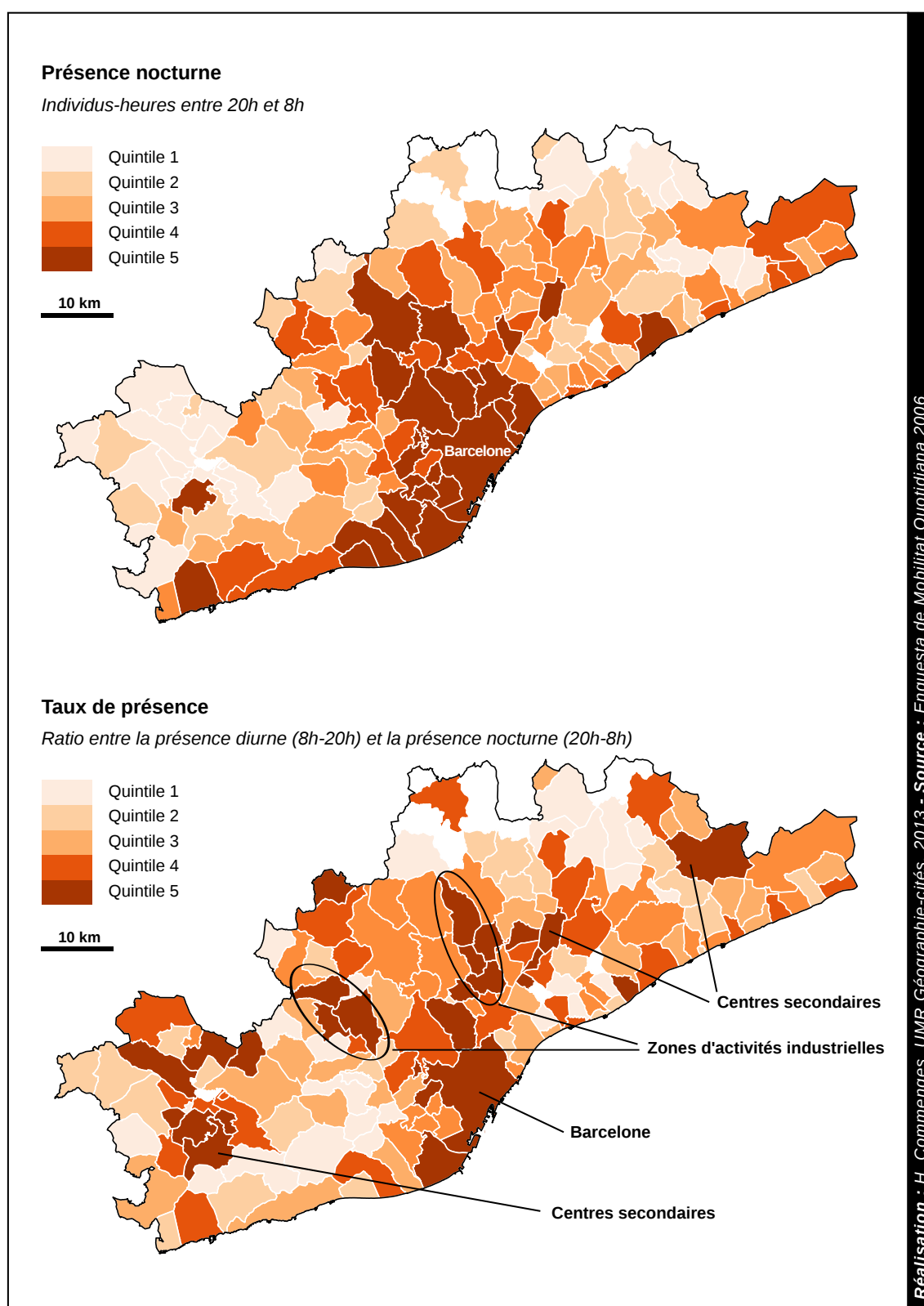


Fig 5.8 – Taux de présence dans la Région Métropolitaine de Barcelone

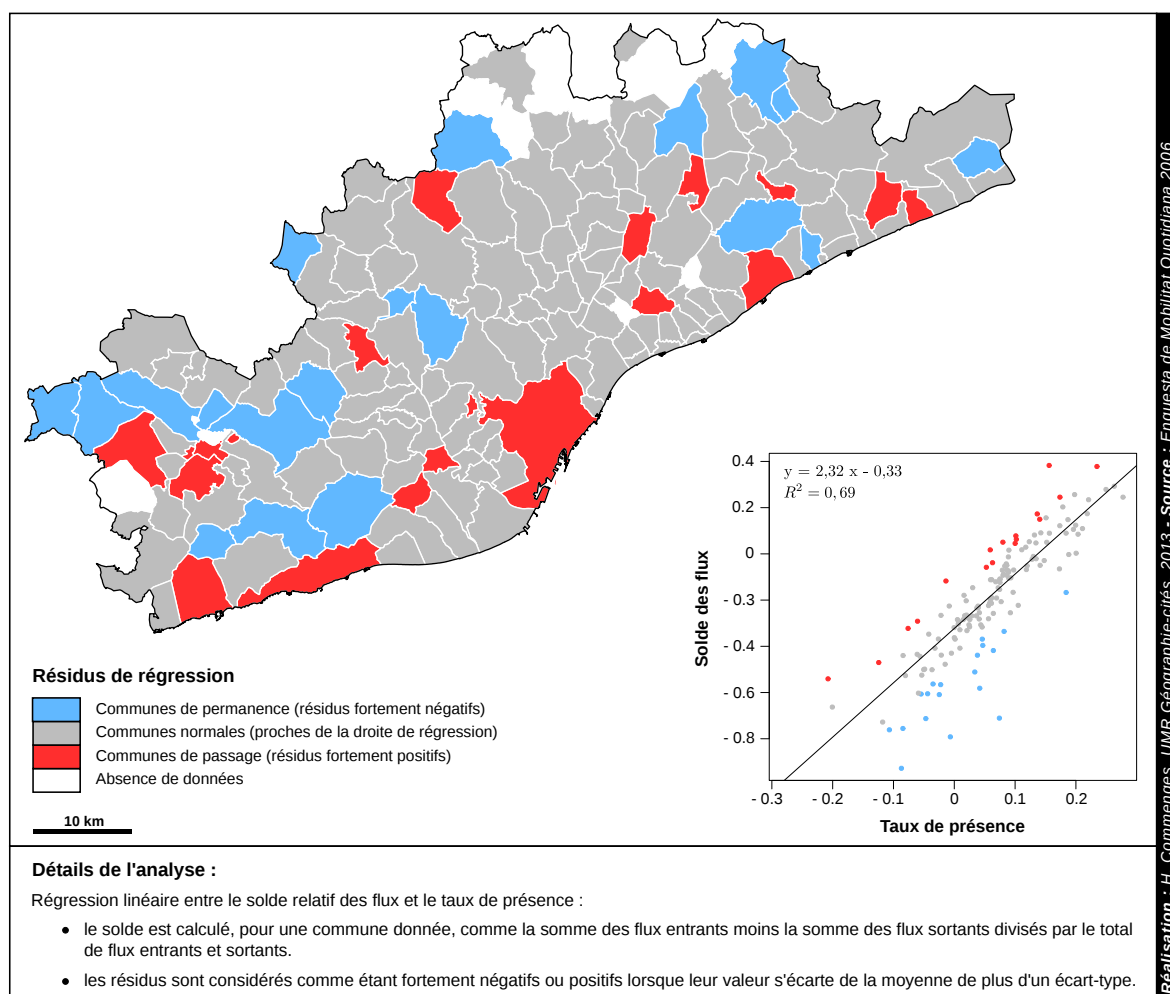


Fig 5.9 – Relation entre les flux et la co-présence

5.3.3 La matérialité de l'espace des flux

La question qui vient d'être posée peut être immédiatement reformulée : « Comment appréhender l'espace des flux ? » revient en fait à se poser la question « Comment appréhender les flux comme un espace ? »

L'entrée par l'individu est plus immédiate et amène progressivement la question plus théorique de la matérialité de l'espace des flux. Où se trouvent les individus mobiles ? Qui veut répondre à cette question se heurte à un problème à première vue technique : les grands axes de transport sont souvent situés en bordure des unités spatiales considérées (cf. Section 7.1.2), les individus peuvent donc difficilement être assignés à une unité particulière. Dans quelle commune sont présents les individus en train de se déplacer sur le périphérique parisien ? Ce problème ramène à des considérations historiques et théoriques profondément ancrées dans l'analyse de la mobilité et dans l'analyse spatiale en général : il est difficile de se départir des zonages. Dans toutes les enquêtes de mobilité l'information spatiale est toujours zonale et les mouvements sont toujours manipulés à travers des matrices origine-destination.

Le zonage induit pourtant une distinction inébranlable entre l'espace des lieux, qui prend la forme d'un ensemble de zones, et les liens entre ces zones qui ne sont assortis d'aucun attribut permettant de les considérer comme espace. Cette conception renvoie au « modèle aréolaire » qui a été jusqu'au *mobility turn* le cadre conceptuel dominant à la fois des recherches théoriques et des dispositifs statistiques (Kaufmann 2002). Certains chercheurs (Graham 1998, Graham et Healey 1999, Urry 2000, Kaufmann 2002, Cattán 2004; 2009) ont mis en garde contre ce type de conceptions : « we need to reject the extremely resilient Euclidean notions, still implicitly underlying many treatments of the geographies of information technology, that treat spaces and places simply as bounded areas » (Graham 1998, p.182).

Cette distinction renvoie au constat fait dans la Section 4.2.2 que le déplacement est considéré comme un temps mort entre deux activités. Considérer le temps de déplacement dans sa seule dimension de coût revient à nier que les individus s'approprient ce temps et le charge de sens. Le temps de déplacement est vidé de toutes ses caractéristiques et réduit à sa seule métrique (la durée). Cette conception a un pendant spatial évident : l'espace du déplacement est vidé de ses caractéristiques et également réduit à sa seule métrique, la distance. Il n'y a pas d'espace des flux possible dans ce cadre conceptuel, dans le sens où les flux ne constituent pas un espace à proprement parler.

Pour dépasser la conception du temps et de l'espace de la mobilité réduits à leur métrique, il conviendrait de les enrichir, de les charger de sens-signification voire, comme propose Urry (2000), de sens-sensoriel. Il conviendrait également de penser l'espace non plus comme espace euclidien à deux ou trois dimensions mais comme espace réticulaire. Un exemple simple met en évidence le caractère réducteur du modèle aréolaire : dans quel espace est présent le passager d'un métro qui traverse Paris ? On ne peut pas simplement projeter sa présence sur l'espace en deux dimensions de la zone circonscrite par les limites

municipales. Georges Amar (1993) a développé la notion d'*adhérence* pour signifier le degré d'interaction entre un individu mobile et son environnement. Dans ce cadre, le passager du métro n'est pas présent dans l'espace aréolaire parisien mais dans l'espace réticulaire dont le métro serait l'une des composantes.

Kaufmann (2002, p.11) constate l'absence de dialogue entre les modèles théoriques de l'espace-temps et les recherches empiriques. En effet, les modèles théoriques sont libres de toutes les contraintes institutionnelles et techniques qui pèsent sur les recherches empiriques au travers de leurs dispositifs de quantification. Ces dispositifs de quantification se caractérisent par une grande stabilité / inertie documentée dans la première partie de cette thèse et ne s'adaptent pas à l'évolution des modèles théoriques. Ainsi, les dispositifs de quantification, tels qu'ils existent actuellement, ne permettent pas de dépasser le cadre du modèle aréolaire pour toutes les raisons invoquées dans ce chapitre.

5.4 Confronter les déplacements à la présence

La section précédente confronte une entrée par les flux, agrégats de déplacements, à une entrée par la co-présence, agrégat de présences individuelles. Elle interroge la nature des connaissances produites par ces deux approches sur l'espace et la mobilité. Cette interrogation renvoie à la distinction opérée par Castells (1989, 1996) entre *espace des flux* et *espaces des lieux* avec l'idée que la prédominance des approches par les flux traduit une difficulté à concevoir l'espace d'un point de vue relationnel.

Dans le même démarche, cette section confronte deux approches : l'approche classique qui considère que la mobilité s'exprime en termes de déplacements, et l'approche séquentielle qui s'appuie sur le ré-agencement proposé dans la Section 4.2.2. L'idée est de *re-spatialiser* la mobilité en la considérant non plus comme un simple lien assorti d'une métrique (distance) mais comme une présence mouvante. Se focaliser sur la présence, même à partir d'un dispositif type EMD qui n'a pas été conçu pour cela, amène une image alternative de la mobilité. Dans ce cadre, je propose de définir la mobilité comme la *variabilité temporelle de la présence spatiale*, dont les épisodes d'immobilité font partie au même titre que les épisodes de mobilité.

Je mobilise ici l'Enquête Globale Transport (EGT) dans le but de comparer les deux approches à partir d'un exemple simple de deux variables fréquemment utilisées dans les études de mobilité et de transport. Une analyse est menée dans l'approche déplacement-centrée, puis une analyse thématiquement comparable est réalisée dans l'approche séquentielle et les résultats issus de cette analyse sont confrontés aux premiers. Les traitements sont réalisés sur des propriétés différentes mais, dans les deux cas, elles ont trait à la distance : distance parcourue d'abord, puis présence dans des espaces plus ou moins lointains.

5.4.1 La mobilité comme ensemble de déplacements

Le point de départ est l'analyse de la relation entre deux variables : le nombre de déplacements réalisés par individu et la distance totale parcourue. Il s'agit de variables analytiques caractérisant les individus par un résumé numérique sur les déplacements : un comptage et une somme. Ces deux variables sont ensuite utilisées pour réaliser une classification des individus autour de leurs médianes, respectivement 3 déplacements et 10,5 km, pour aboutir à quatre types : les *hypomobiles*, les *hypermobiles*, les individus parcourant de longues distances *concentrées* sur peu de déplacements, et les individus parcourant de courtes distances *distribuées* sur de nombreux déplacements⁵⁵ (cf. Figure 5.10).

Cette représentation très schématique a pour but de classer les individus en fonction de variables analytiques dérivées de l'objet déplacement. Sa raison d'être est de s'interroger sur les traitements de données sur la *mobilité quotidienne* et leur interprétation en posant une question simple : existe-t-il une relation entre la distance parcourue par les individus et le nombre de déplacements qu'ils réalisent ? La partition binaire, autour des médianes respectives des deux variables, laisse entendre qu'il y aurait une relation positive. Un examen plus précis, avec une partition plus fine de la variable distance et un test de comparaison de moyennes sur la variable *Nombre de déplacements* confirme ce résultat : plus la distance parcourue quotidiennement par les individus est grande, plus le nombre de déplacements qu'ils réalisent est important (cf. Figure 5.11). C'est ce résultat, à première vue contre-intuitif, qui sera discuté au regard de l'analyse réalisée dans le modèle de données séquentiel.

55. Tous les traitements sont réalisés sur l'échantillon de l'EGT 2001-2002, à savoir près de 21.000 individus. Environ 3.000 individus sont exclus de l'échantillon initial : les individus immobiles, les individus dont certains déplacements ne sont pas renseignés ou mal renseignés, les individus dont les valeurs pour ces deux variables sont des *outliers*, à savoir ceux qui réalisent plus de 15 déplacements quotidiens et ceux qui parcourent des distances supérieures à 150 km. Les calculs de distance sont réalisés sur l'objet étape en suivant la même méthode que celle de l'étude sur les distances réalisée par l'IAU-IdF (Courel 2008). Toutes les mesures et les tests calculés prennent en compte la complexité du *design* de l'enquête. L'EGT est une enquête avec un tirage de grappes (les ménages) et le fait de ne pas prendre en compte les effets de grappe conduit à rejeter trop facilement l'hypothèse nulle lors des tests de significativité (Hox 2002). Ces effets sont pris en compte ici, grâce aux fonctions développées par Thomas Lumley dans la bibliothèque *survey* du logiciel R (Lumley 2004).

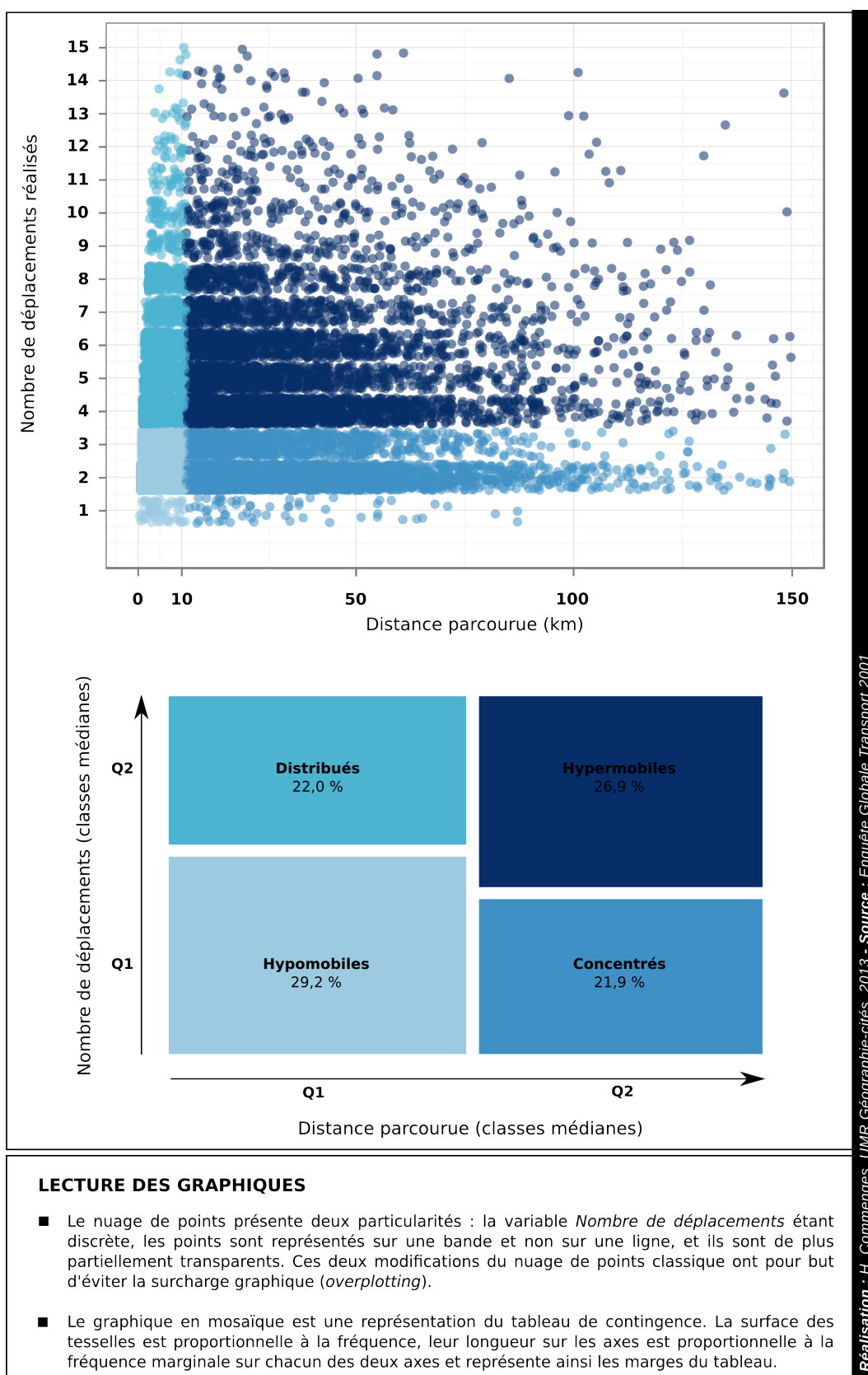


Fig 5.10 – Classification des individus selon le nombre de déplacements et la distance parcourue

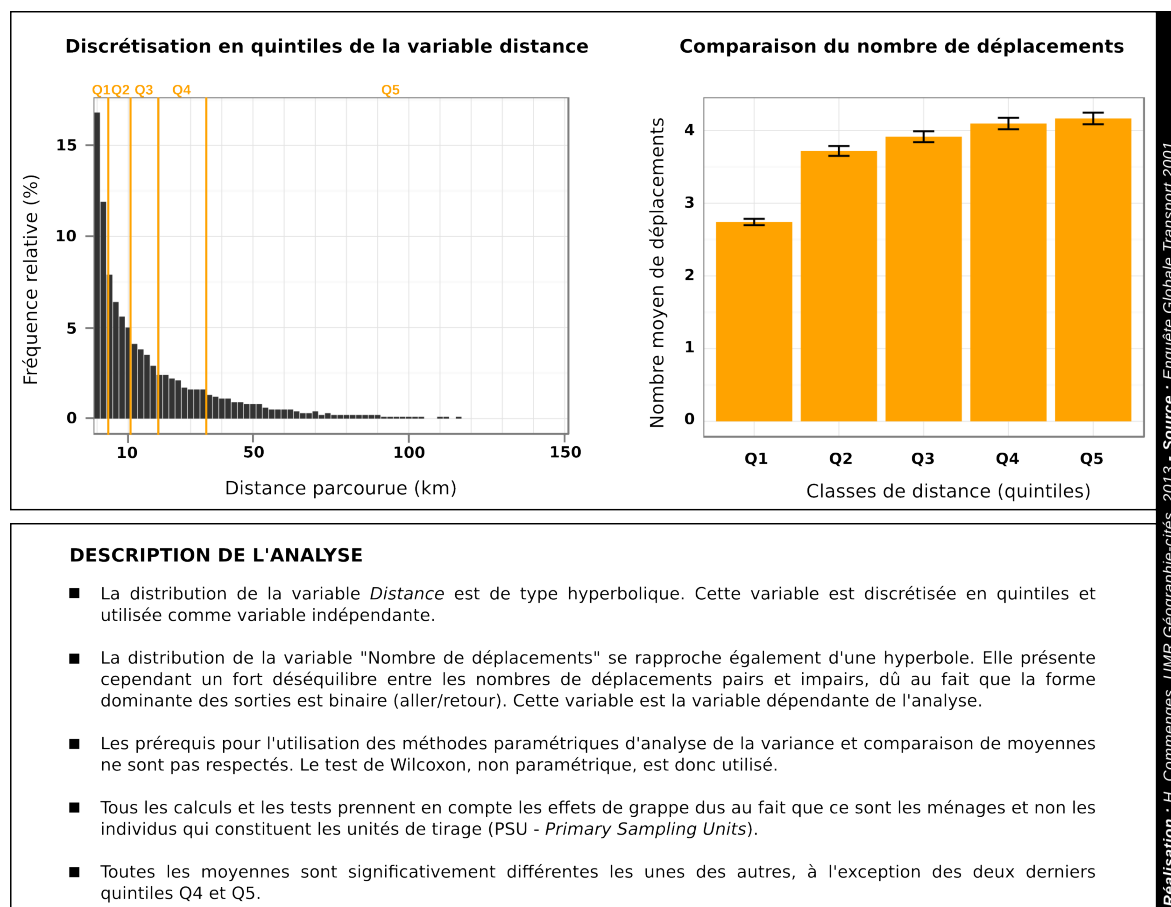


Fig 5.11 – Relation entre distance parcourue et nombre de déplacements réalisés

5.4.2 La mobilité comme variabilité temporelle de la présence spatiale

L'approche séquentielle mise en œuvre ici s'appuie sur le ré-agencement proposé dans la Section 4.2.2. L'idée est de *re-spatialiser* la mobilité en la considérant non plus comme un simple lien assorti d'une métrique (distance) mais comme une présence mouvante. En effet, le modèle de données séquentiel permet de s'intéresser non plus seulement aux déplacements des individus mais à leurs pratiques spatiales, plus précisément à la fréquentation de durée variable des espaces. L'analyse menée dans cette section se compose de six étapes résumées dans la Figure 5.12.

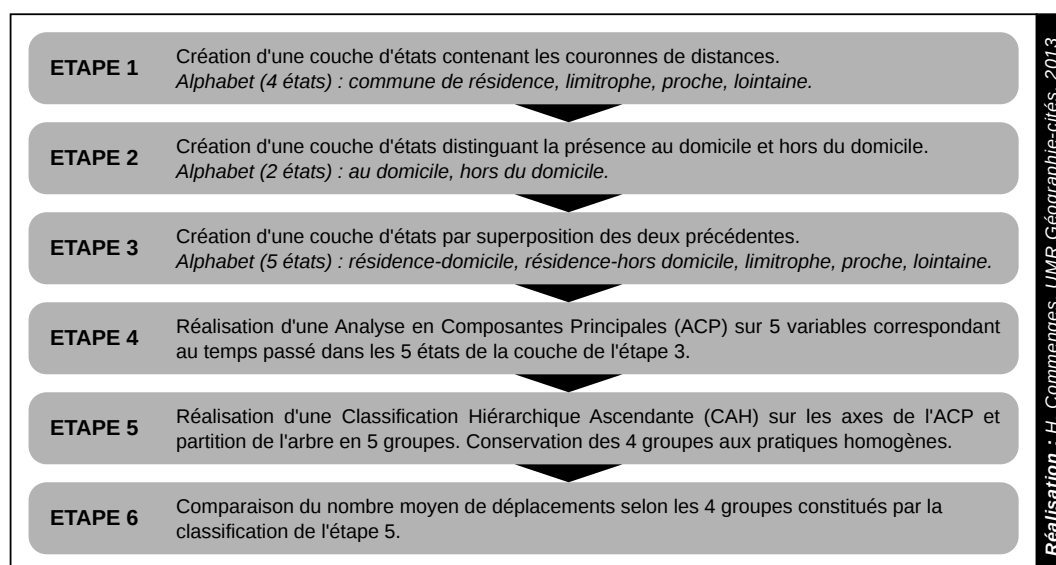


Fig 5.12 – Résumé des traitements réalisés

D'abord sont créées des couronnes de distance relatives à chaque individu (ÉTAPE 1). Comme les coquilles d'A. Moles et E. Rohmer (1978), ou plus récemment les couronnes de destinations touristiques (Berroir *et al.* 2011), chaque individu est doté d'un zonage qui lui est propre, constitué de couronnes d'éloignement autour de sa commune de résidence et distinguant la commune de résidence, les communes limitrophes, les communes proches et les communes lointaines (cf. Figure 5.13). Cette variable constitue dans le modèle de données séquentiel une nouvelle couche qui vient caractériser les individus tout au long de la journée.

Ensuite, la couche ainsi créée (ÉTAPE 1) est enrichie d'une seconde couche qui distingue la présence au domicile et hors du domicile (ÉTAPES 2 et 3). En effet, la commune de résidence prise isolément est très peu discriminante puisque les individus passent le plus clair de leur temps au domicile, situé par définition dans la commune de résidence. La superposition des deux couches aboutit à un ensemble de séquences à cinq états : commune de résidence (domicile), commune de résidence (hors domicile), commune limitrophe, commune proche, commune lointaine (cf. Figure 5.14). Il devient alors facile

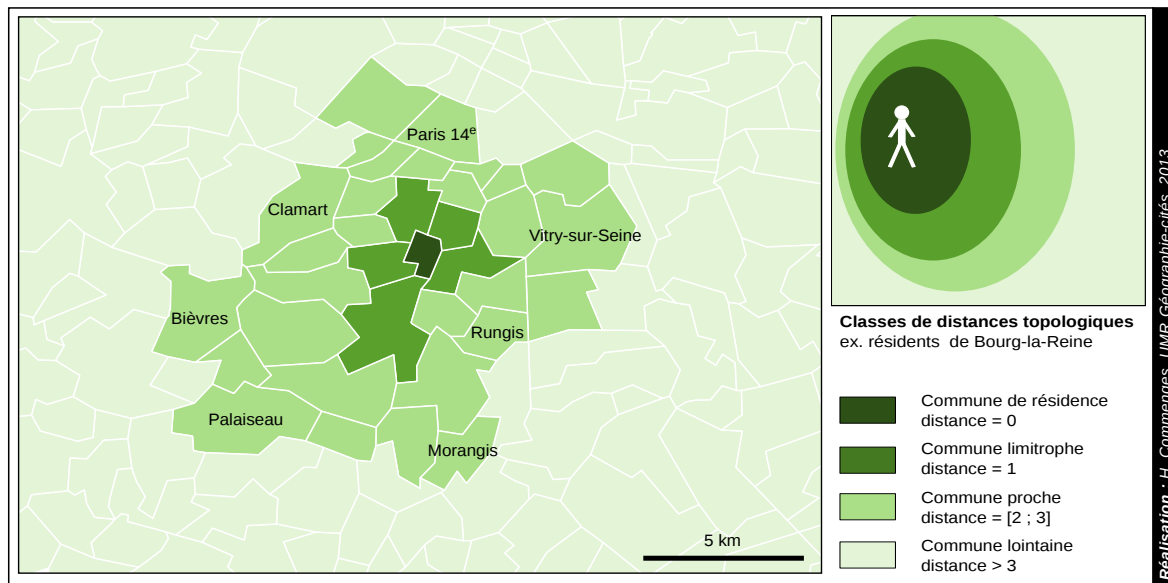


Fig 5.13 – Zonage en couronnes de distance

de manipuler ces états dans une lecture transversale ou séquentielle (cf. Figure 4.3) et d'obtenir des résumés statistiques sur des tranches temporelles (lecture transversale) ou sur des individus (lecture séquentielle). Ici, on obtient pour chaque individu le temps passé dans chacun des cinq états de la couche créée à l'étape 3.

Les individus sont ensuite classés sur un critère de variabilité temporelle de la présence dans ces cinq états. Il ne s'agit pas de les classer selon le critère de la distance plus ou moins importante qu'ils parcourent, mais selon le critère des espaces plus ou moins lointains qu'ils fréquentent. D'abord, une analyse en composantes principales est conduite (ÉTAPE 4) sur cinq variables correspondant au temps passé dans chacun des cinq états (cf. Figure 5.15). Puis, une classification hiérarchique ascendante est réalisée sur les axes de l'ACP (ÉTAPE 5). Elle mène à la création de cinq groupes nettement différenciés : quatre groupes se caractérisent par une fréquentation de longue durée et presque exclusive dans chacune des quatre couronnes de distance : commune de résidence, commune limitrophe, commune proche et commune lointaine. Le cinquième groupe recueille les individus qui passent le plus clair de leur temps au domicile et qui « butinent » à l'extérieur. Les espaces fréquentés par ces individus sont très hétérogènes et ils sont donc exclus pour la suite de l'analyse.

Enfin, les quatre groupes d'individus aux pratiques homogènes sont projetés sur le graphique mettant en relation nombre de déplacements et couronne de distance fréquentée (ÉTAPE 6). L'analyse du graphique obtenu (cf. Figure 5.16) montre un patron radial où les individus qui fréquentent les espaces les plus proches sont aussi ceux qui réalisent le plus grand nombre de déplacements. Cette analyse graphique est complétée par une comparaison du nombre moyen de déplacements réalisés en fonction des groupes créés par l'analyse de présence spatiale. Le test de comparaison de moyennes, identique à

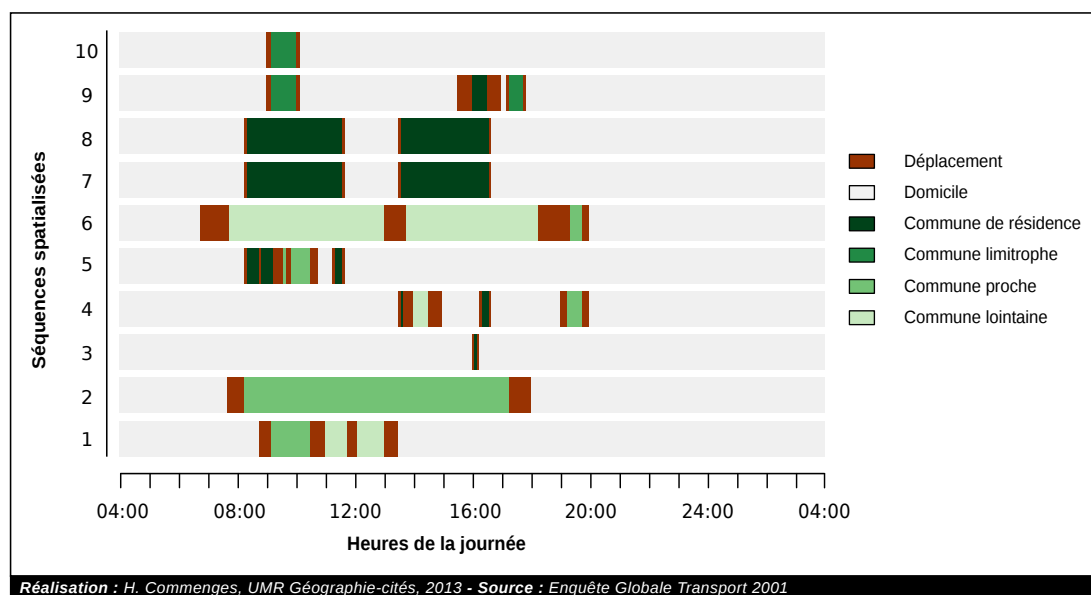


Fig 5.14 – Échantillon de dix séquences spatialisées

celui réalisé dans l'analyse déplacement-centrée (cf. Figure 5.17), confirme le résultat visuel obtenu dans la Figure 5.16, il y a une relation négative significative entre les deux variables : plus les individus sont présents dans des espaces lointains, moins ils réalisent de déplacements.

Ainsi, l'approche séquentielle mène à la conclusion suivante : plus les individus fréquentent des espaces proches de leur domicile, plus ils réalisent de déplacements ; et son corollaire, plus ils fréquentent des espaces lointains, moins ils réalisent de déplacements. Ce résultat est très différent de celui obtenu en ne tenant en compte que les épisodes de mobilité. En effet, l'analyse déplacement-centrée se focalise sur les états mobiles des individus et ne tient pas compte de tout ce qui se passe entre les déplacements, à savoir la présence spatio-temporelle des individus.

RÉSUMÉ DE L'ANALYSE

- Dans un premier temps, une analyse en composantes principales est réalisée sur les quatre états de présence hors du domicile suivant les couronnes de distance (commune de résidence, limitrophe, proche, lointaine).
- Dans un second temps, une classification hiérarchique ascendante est réalisée sur les trois premiers axes de l'analyse en composantes principales.
- Cette classification fait apparaître cinq groupes clairement différenciés : les quatre premiers se caractérisent par une présence de longue durée dans les quatre couronnes de distance ; le groupe 5 se caractérise par une présence de longue durée au domicile et des pratiques très diversifiées de fréquentation des espaces proches et lointains.

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES ET CLASSIFICATION

- L'analyse en composantes principales montre que les données sont très structurées. Les trois premiers axes de l'ACP résument plus de 90% de la variance, la réduction de la dimension est donc minime : 4 variables sur 3 axes.

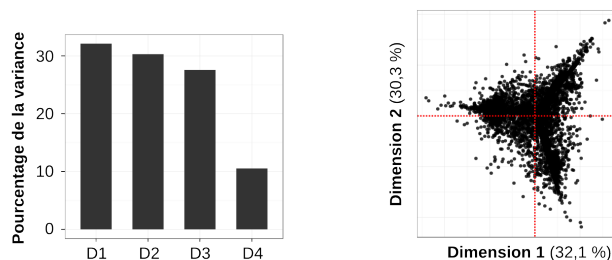


Fig 5.15 – Classification des séquences spatialisées (échantillons de 20 individus)

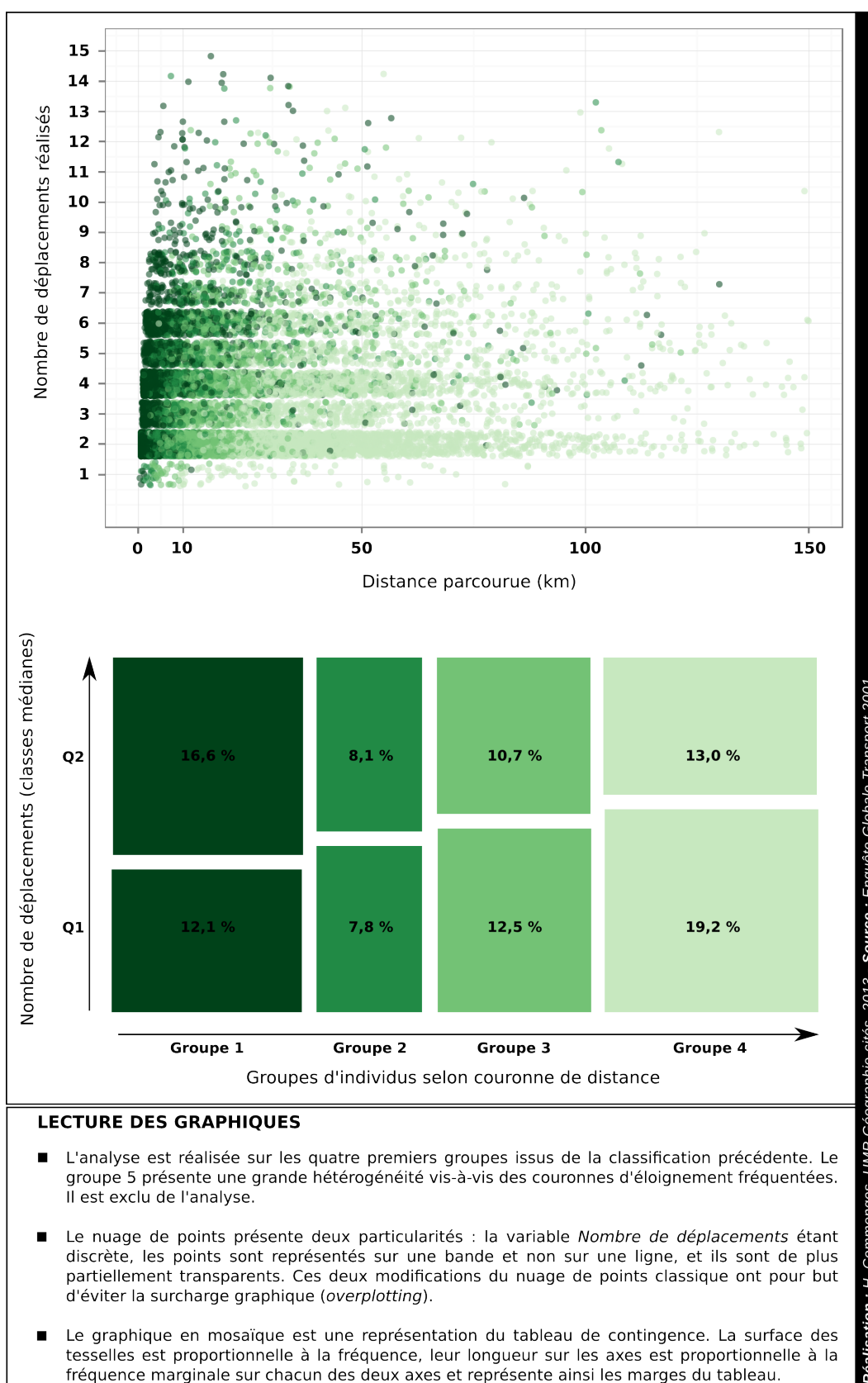


Fig 5.16 – Projection des groupes selon le nombre de déplacements et la distance parcourue

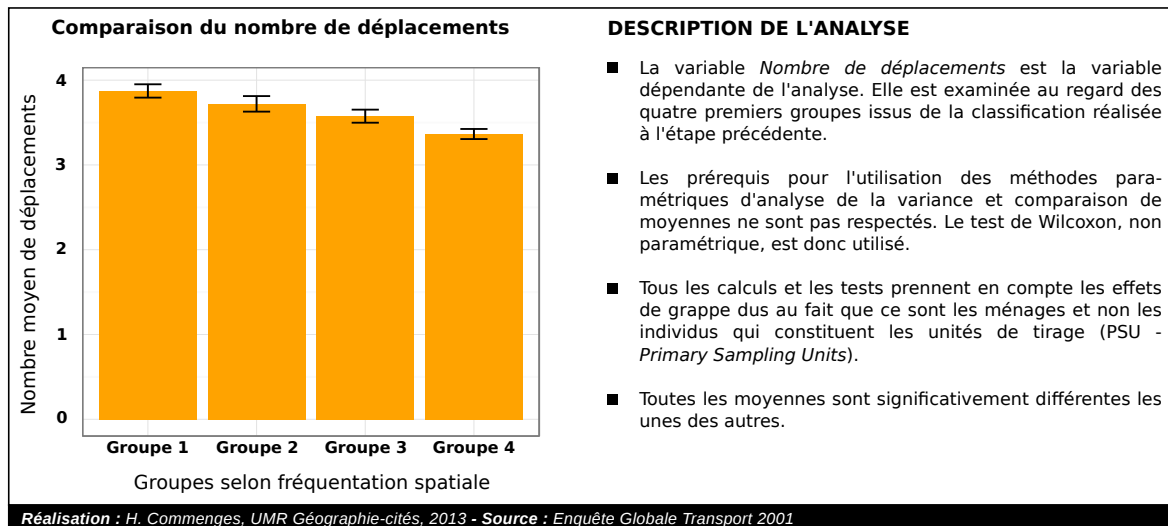


Fig 5.17 – Relation entre groupes et nombre de déplacements réalisés

À la différence de l'approche classique qui considère que la mobilité s'exprime en termes de déplacements, le modèle séquentiel amène à considérer la mobilité comme la *variabilité temporelle de la présence spatiale*, dont les épisodes d'immobilité font partie au même titre que les épisodes de mobilité. Cette façon de concevoir la mobilité ramène à des considérations déjà anciennes dans le cadre de la *time geography* : « Why should geography be unduly crippled by not facing up the fact that much interaction is in the form of stationary activity which implies movement through time inside stations such as buildings and premises » (Carlstein *et al.* 1978, p.12). Carlstein, Parkes et Thrift ajoutent plus loin : « the spatial-areal arrangement of phenomena and processes and their arrangement in time are part of the same thing [...] To cull out mobile activities from the context of the stationary activities with which they interconnect is a dangerous form of sectorization . » La confrontation des deux approches réalisée dans cette section illustre le risque pointé par ces auteurs et montre l'intérêt d'une approche complémentaire.

Conclusion

Trois blocs d'analyses empiriques ont été réalisés dans ce chapitre : le premier bloc distingue les types de lieux des types d'activités (cf. Section 5.2), le deuxième bloc confronte l'entrée par les flux et l'entrée par la co-présence (cf. Section 5.3) et le troisième confronte l'entrée par les déplacements et l'entrée par la présence (cf. Section 5.4).

Le premier objectif de ce chapitre est de montrer l'intérêt du ré-agencement du modèle conceptuel de données proposé dans le Chapitre 4. Ce ré-agencement est plus qu'un simple mode de représentation graphique mais bien une façon de réorganiser l'information contenue dans une EMD autour d'un seul objet, l'individu, assorti d'un ensemble de propriétés temporelles. Le modèle séquentiel guide les analyses en les rendant à la fois plus faciles à réaliser et plus faciles à penser.

Les trois blocs d'analyses présentées dans ce chapitre confrontent donc la lecture classique par les flux et les déplacements à une lecture par les activités et la présence. Cette confrontation mène à une réflexion sur la mise en forme de la *mobilité quotidienne* par les EMD et à une discussion sur ses limites. L'hypothèse développée ici est que la prédominance des approches par les flux traduit, paradoxalement, une difficulté à concevoir l'espace d'un point de vue relationnel. La mise en forme de la *mobilité quotidienne* au travers des dispositifs de quantification, en particulier de l'EMD, renvoie à une conception aréolaire de l'espace (Kaufmann 2002). Il s'agit d'un *espace des lieux*, c'est-à-dire un ensemble de zones reliées par des déplacements qui ne sont assortis que d'un seul attribut, leur métrique. Je développe l'idée que la vision fonctionnaliste de la ville comme collection de zones monofonctionnelles reliées par des infrastructures est encapsulée dans l'enquête ménages déplacements à travers la notion de *lieu-motif* (cf. Section 2.2.2), vision qui conduit à réifier des types de lieux.

Cette conception est très éloignée de l'*espace des flux* (Castells 1989; 1996), du tout-relationnel proposé par certains auteurs (Graham et Marvin 1997, Graham 1998, Graham et Healey 1999). L'absence de dialogue constatée par Kaufmann (2002) entre les modèles théoriques de l'espace-temps et les recherches empiriques pose problème. Ce chapitre, en cohérence avec l'objectif annoncé au début de cette deuxième partie, tente de faire dialoguer éléments théoriques et observations empiriques pour enrichir cette discussion. Il a été constaté dans la première partie de la thèse que les dispositifs de quantification de la *mobilité quotidienne*, en particulier les EMD, se caractérisent par une grande stabilité-inertie et ne s'adaptent pas à l'évolution des modèles théoriques. Si ces dispositifs de quantification ne permettent pas de dépasser le cadre du modèle aréolaire, ils permettent cependant de poser les principaux éléments de la réflexion. Les analyses proposées dans ce chapitre amènent ainsi à *re-spatialiser* partiellement la mobilité en la considérant non plus comme un simple lien assorti d'une métrique (distance) mais comme une présence mouvante.

CHAPITRE 6

Les liens entre discours et mesure

Introduction	170
6.1 Classer et mesurer : le domaine de validité des EMD	172
6.1.1 Saisir les pratiques modales : une question de typologie ?	173
6.1.2 Le postulat d'une mobilité routinière	177
6.2 Le discours et sa mesure, congruence et décalages	193
6.2.1 Le report modal, une injonction sans mesure	194
6.2.2 Le mode de transport, entre pratiques individuelles et parts de marché	196
6.2.3 Le report modal comme trajectoire individuelle	205
Conclusion	213

Introduction

Les deux chapitres précédents ont insisté sur la prépondérance de l'objet déplacement dans l'analyse quantifiée de la *mobilité quotidienne*. Ce chapitre prolonge la réflexion mais s'intéresse plus spécifiquement aux liens entre les mesures calculées à partir des enquêtes ménages déplacements (EMD)⁵⁶ et les discours qui s'appuient sur ces mesures. Ce qui est mis en question ici est la validité de l'usage des EMD : validité des mesures et validité des discours. Alors que la validité des mesures peut être examinée en elle-même, par des méthodes statistiques, la validité des discours est examinée relativement aux mesures sur lesquelles ils s'appuient.

Le focus est mis sur la variation des pratiques de mobilité dans le temps, à la fois sur le court et le long termes. Cette insistance sur les aspects temporels des EMD s'explique par deux raisons : d'abord, la validité des mesures produites par les EMD repose, en première analyse, sur le postulat d'une faible variabilité des pratiques à court terme : celles-ci seraient suffisamment routinières pour se contenter d'un recueil de données sur un seul *jour ouvrable type* (cf. Section 2.2.3). Ensuite, une part importante des discours produits à partir des EMD porte sur les évolutions à moyen et long terme : les gens se déplacent-ils de moins en moins en voiture, parcourent-ils des distances de plus en plus importantes, les budgets temps de transport sont-ils vraiment constants ? La variation temporelle des pratiques de mobilité est donc au centre de ce chapitre et c'est plus précisément les pratiques liées au mode de transport qui sont étudiées. En effet, la question des pratiques modales, et plus particulièrement du report modal, temporairement défini comme le transfert de déplacements d'un mode de transport vers un autre, occupe une place prépondérante dans les discours politiques, législatifs et techniques.

Il s'agit ici d'examiner conjointement les discours et les mesures sur lesquelles ils s'appuient. Ce travail amène à réfléchir sur la question de la (non) congruence entre mesure et discours. Certains décalages majeurs sont mis en évidence, entre le discours des Plans de Déplacements Urbains (PDU) et les mesures sur lesquelles il s'appuie, mais également entre le discours de certaines études de mobilité et les mesures qui les soutiennent. Le décalage notable se trouve encore une fois entre les objets de l'enquête : un certain nombre d'études et de recherches positionnent leur discours au niveau des individus tout en mesurant au niveau des déplacements. Ce chapitre cherche les raisons de ce décalage.

Quatre dispositifs d'enquête sont mobilisés pour cela : l'Enquête Globale Transport (Île-de-France, 1976-1983-1991-2001), l'enquête ménages déplacements de Bordeaux (Communauté Urbaine de Bordeaux, 1978-1991-1998-2009), l'enquête Mobidrive (Halle et Karlsruhe, 1998) et la *Puget Sound Transportation Panel Survey* (Seattle, 1989-1990-

56. Rappel : le terme d'enquête ménages déplacements (EMD) désigne de façon générique le dispositif qui produit par un entretien à domicile une information sur les déplacements réalisés par les ménages. Traduction presque littérale du dispositif originel américain de *Household Travel Survey* (HTS), il désigne donc toute enquête de ce type et non les seules EMD « standard CERTU » (cf. Section 2.1.1).

1992-1994-1996-1997-1999). L'Enquête Globale Transport (EGT) et l'enquête ménages déplacements (EMD) de Bordeaux sont utilisées en tant que représentantes des EMD classiques, enquêtes transversales avec un recueil sur un seul *jour ouvrable type*. L'enquête Mobidrive est utilisée car elle constitue une des rares enquêtes qui produit une information sur plusieurs semaines, permettant ainsi d'étudier la question des routines et d'évaluer la validité des recueils sur un seul jour. L'enquête de Seattle (PSTPS) est mobilisée en tant que dispositif exemplaire des enquêtes longitudinales qui suivent un panel d'individus au cours du temps.

Dans un premier temps, les bases de l'analyse sont posées : il s'agit d'abord d'une réflexion sur les catégories. En effet, la variation des comportements de mobilité dans le temps, en particulier sur le long terme, se traduit numériquement par des comptages différenciés dans des catégories plus ou moins stables. Avant d'attaquer cette problématique, il faut donc s'intéresser à ces catégories dont la définition affecte les résultats obtenus. Ici, les modes de transport font l'objet d'une analyse détaillée, dans la continuité de la Section 4.3.

Ensuite, la variabilité de court terme des pratiques de mobilité est examinée à partir de l'enquête Mobidrive : le *jour ouvrable type* est présenté en tant que notion dans la première partie de la thèse (cf. Section 2.2.3), il est ici « mis à la question » en tant que mode de recueil. Cet examen porte sur deux utilisations importantes des EMD, pour estimer des valeurs moyennes et pour caractériser des « patrons de mobilité », c'est-à-dire des séquences quotidiennes de déplacements et d'activités.

Enfin, la question de la congruence entre mesure et discours est posée. Une analyse empirique, de l'EMD de Bordeaux et surtout de l'EGT, part des principales mesures de l'utilisation des modes de transport et met en évidence certains décalages entre mesure et discours. Ceci donne lieu à une proposition de deux mesures alternatives et à une réflexion sur la congruence mesure-discours. Finalement, une analyse de l'enquête de Seattle s'intéresse à la variabilité de long terme, une réflexion sur le report modal est proposée ainsi que deux mesures longitudinales : la trajectoire modale et le taux de transition modale.

D'un point de vue théorique, ce chapitre questionne deux « principes »⁵⁷ : la constance des budgets temps de transport ou « loi de Zahavi » et la dépendance automobile. Ces deux principes ont en commun d'énoncer un phénomène agrégé qui glisse très facilement vers une interprétation au niveau individuel. Acceptent-ils une entrée par les pratiques individuelles ?

57. Voir la Section 7.1.4 sur les différentes qualifications du « principe » de Zahavi : loi, conjecture, hypothèse.

6.1 Classer et mesurer : le domaine de validité des EMD

« C'était des Martiens, ou des Vénusiens, ou ce que vous voudrez [...] Le principal critère de l'être était pour eux la verticalité [...] Chez eux l'être commençait à partir d'une hauteur de un demi-kromik, à peu près un de nos mètres, 1,20 m exactement [...] la mesure de la hauteur des Terriens était donc le premier souci de l'équipe d'observation. Qu'on ne s'étonne pas : la hauteur n'étant pas sur leur planète un phénomène naturel, il ne pouvait y avoir d'altitude qui ne résultât d'une intelligence. Dans les aires-échantillons, les sondeurs négligèrent tout ce dont la hauteur était inférieure à un demi-kromik, environ 1,20 m [...] chaque être d'une aire-échantillon fût ainsi mesuré au millième de kromik. Les Martiens appliquèrent les classes de taille usuelle. Ainsi dans la première classe (correspondant chez les Martiens aux enfants et aux débiles légers) furent engl obés les humains, les arbustes, les camions, les poteaux de téléphones, et nombre de maisons. Les statisticiens savaient bien que le principe de "mise en équivalence" faisait abstraction des particularités individuelles. Mais au regard du critère de l'être qui était le leur, il n'y a avait pas de différence essentielle. »

BAUZILE DE PUTOIS, 1992

Alain Desrosières établit une différence, mentionnée précédemment (cf. Section 1.2.1), entre « quantifier » et « mesurer ». Selon lui, quantifier signifie « exprimer et faire exister sous une forme numérique ce qui, auparavant, était exprimé par des mots et non par des nombres. » En revanche, mesurer « implique que quelque chose existe déjà sous une forme mesurable selon une métrologie réaliste, comme une grandeur physique » (Desrosières 2012, p.267), ce qui n'est jamais le cas en sciences sociales. La quantification inclut donc un double travail : *convenir*, c'est-à-dire s'accorder sur la définition d'objets conceptuels ; puis *mesurer* les objets ainsi définis.

Cette section examine les conditions de validité d'une mesure, elle est structurée en cohérence avec ce « double travail » qu'implique la quantification. C'est d'abord la question des catégories qui est posée : bon nombre de variables clefs des enquêtes ménages déplacements (EMD) sont nécessairement discrètes, c'est le cas des modes de transport ou des motifs de déplacement. Dans de tels cas, la mesure est étroitement dépendante des conventions d'équivalence sur lesquelles sont établies les catégories (cf. Section 4.3). Ensuite, le mode de recueil des EMD est mis à la question : se contenter d'un seul *jour ouvrable type*, c'est postuler que les pratiques sont très routinières or ce postulat a rarement été testé. Cet examen en deux temps est mené sur l'utilisation des modes de transport pour les raisons exposées en introduction. Cependant les conditions de validité de la mesure sont applicables à la plupart des variables produites par les enquêtes ménages déplacements.

6.1.1 Saisir les pratiques modales : une question de typologie ?

Pour parler des modes de transports et pour pouvoir les comparer d'un pays à l'autre, d'une époque à l'autre, il faut nécessairement discuter d'abord des catégories. L'exemple du report modal étudié plus loin dans cette section (cf. Section 6.2.3) illustre bien cet état de fait. Le report modal, qui peut être défini comme le transfert de déplacements ou d'individus d'un mode de transport vers un autre, dépend bien sûr de l'évolution des pratiques, mais il dépend également de la nomenclature qui permet de la mesurer. L'enquête, par construction, mesure à la fois du réel et du conventionnel (cf. Section 4.3).

Les catégories de modes de transport s'appuient sur des conventions d'équivalence tirées par deux forces opposées : d'un côté l'adaptation des catégories à des infrastructures, des véhicules, des services et des pratiques évolutives (vélo et voiture en libre service, covoiturage) ; de l'autre, la stabilité des catégories, condition nécessaire à l'étude de l'évolution des pratiques. Il faut classer pour mesurer, et il faut classer dans des catégories stables pour comparer les mesures à travers le temps.

Cette dernière affirmation pose un problème dans toute analyse de séries historiques, problème qui fait l'objet de nombreux débats en particulier chez les historiens quantitatifs et chez les économistes. En 1991-1992, le *Courrier des Statistiques*, puis la revue *Genèses*, accueillent un tel débat autour de la publication du livre d'Olivier Marchand et Claude Thélot intitulé *Deux siècles de travail en France*. Ces auteurs (Marchand et Thélot 1992) défendent leur position qui consiste à retracer l'évolution de la population active et des chômeurs de 1800 à nos jours. Ils admettent pour les dates les plus anciennes avoir recours à des approximations permettant de donner des « ordres de grandeur », tout en réaffirmant que cela ne disqualifie en rien l'essai de quantification de la série longue. Desrosières (1992) remet la démarche en cause, disant qu'il n'y a pas de mesure statistique possible sans convention. En d'autres termes, ce qui n'est pas *qualifié* par la société ou par le statisticien ne peut pas être *quantifié*. Pour lui, la population active ou le nombre de chômeurs ne peuvent être quantifiés dans une société pré-industrielle pour laquelle ces catégories n'ont pas de sens.

Desrosières appuie son raisonnement sur une distinction entre deux types de conventions qui se différencient par l'origine du critère de codage. Soit la convention existe au préalable dans le domaine étudié, avant l'intervention du statisticien. C'est le cas lorsqu'on compte (en 2013 en France par exemple) le nombre d'individus propriétaires ou locataires de leur logement, ces régimes de propriété étant définis par ailleurs par la législation. Soit la convention est conçue par le statisticien « créant du discontinu là où la société ne voit que du continu. » C'est le cas lorsqu'on compte le nombre de « déplacements » réalisés par les individus, ces derniers ne découpant pas nécessairement leur mobilité de cette façon. C'est ce deuxième type de convention qui attire l'attention ici, parce qu'il reflète des conventions propres au champ d'étude et non des conventions externes.

Les moyens de transport relèvent *a priori* de la première catégorie. Tout moyen de transport est objet de législation liée à sa production, à sa vente et à son usage. L'article

R311-1 du Code de la Route définit par exemple le « cycle » comme « véhicule ayant au moins deux-roues et propulsé exclusivement par l'énergie musculaire des personnes se trouvant sur ce véhicule, notamment à l'aide de pédales ou de manivelles. » Ainsi, en première analyse le statisticien n'intervient pas dans la définition des moyens de transport. Il n'en est pas moins très actif dans la définition des modalités des variables caractérisant les moyens et modes de transport, pour au moins trois raisons. D'abord les catégories pré-existantes concernent très souvent des types de véhicules et non des types d'usages (Amar 2010). Un service de taxi peut par exemple être opéré par n'importe quel véhicule comportant au moins deux places. Ensuite parce que certaines pratiques existent en marge de toute réglementation ou dans des zones de flou juridique : ainsi, la frontière entre pratiques de covoiturage et services de taxi est poreuse et le statisticien peut être amené à les distinguer alors que la réglementation les assimile. Enfin et surtout, c'est par les distinctions (désagrégations) et par les regroupements (agrégations) de moyens de transport que le statisticien crée des catégories propres à son usage. Deux exemples illustrent ce travail de définition : le véhicule particulier et les deux-roues.

La « voiture particulière » est définie par le Code de la Route (Art. R311-1) comme « véhicule conçu et construit pour le transport de personnes et comportant, outre le siège du conducteur, huit places assises au maximum » (définition à laquelle s'ajoutent un critère de poids et un critère de puissance). Les EMD françaises ont distingué très tôt les déplacements réalisés dans ce type de véhicule en tant que conducteur et en tant que passager, distinction qui n'a de sens que dans ce dispositif de quantification. Un certain nombre d'enquêtes américaines, comme celle de Seattle, ne distinguent pas ces deux modalités mais proposent une combinaison différente qui n'existe pas dans les enquêtes françaises : *SOV* et *carpooling*. Le mode *SOV* caractérise le déplacement réalisé par un individu seul dans son véhicule (*Single Occupancy Vehicle*). Le mode *carpool* caractérise le déplacement d'un individu dans une voiture particulière dans laquelle se trouvent d'autres individus, qu'il soit conducteur ou passager dudit véhicule et quelques soient ses liens avec les autres individus. Selon cette définition, les membres d'un même ménage qui se déplacent ensemble font donc du covoiturage (*fam-pool*).

Le mode « deux-roues » est emblématique du travail de discrétisation mené par les concepteurs d'une enquête. Au tournant du XIX^e et du XX^e siècle, le vélocipède, « piéton rapide », est devenu en France un moyen de transport urbain et il a été expulsé des espaces piétonniers vers les chaussées (Héran 2012). Après la Seconde Guerre Mondiale, l'essor et la diversification des deux-roues motorisés brouillent les pistes : le vélosolex, le vélomoteur, le cyclomoteur et la motocyclette sont très souvent identifiés aux vélos. Les rapports techniques et les enquêtes des années 1960-1970 raisonnent sur une catégorie « deux-roues » qui inclut les véhicules motorisés et non motorisés. Les aménagements cyclables sont conçus pour les deux types de véhicules : dans les années 1970, l'utilisation des pistes cyclables est obligatoire pour les cyclomoteurs, puis seulement autorisée et enfin interdite en 1994 (Averous *et al.* 1975, Julien 2000).

Averous *et al.* (1975) ont étudié l'essor des deux-roues dans les années 1960 et 1970, ce qu'ils considèrent comme l'« analyse d'une erreur de prévision ». Les deux-roues, véhicules dévalorisés et en perte de vitesse après-guerre connaissent un développement rapide durant ces deux décennies, développement qui n'a pas été prévu ni préparé. En raisonnant sur cette catégorie qui met en équivalence les véhicules motorisés et non motorisés, ils passent à côté d'un autre phénomène marquant : l'explosion des deux-roues motorisés masque le déclin constant du vélo (Héran 2012). Ce déclin n'est pas directement quantifiable avant le milieu des années 1970, l'utilisation du vélo n'étant connue qu'au travers de la catégorie « deux-roues ». Il est cependant confirmé à partir de cette date, lorsque les enquêtes commencent à distinguer le vélo comme catégorie à part entière.

Cet exemple montre bien que les mesures s'appliquant à l'évolution des pratiques sont très sensibles à la définition des catégories. Les changements dans l'utilisation des modes (report modal) font l'objet de discours techniques et politiques depuis les années 1960, la validité de ces discours dépend étroitement des caractéristiques de la typologie utilisée :

- si les catégories restent trop stables, les nouvelles pratiques sont reléguées dans des catégories résiduelles,
- si les catégories sont trop changeantes, les évolutions ne peuvent être mesurées puisque le cadre de leur mesure change en même temps,
- si les catégories sont trop poreuses, les évolutions constatées en disent bien plus sur les conventions d'équivalence que sur les pratiques qu'elles définissent,
- si les catégories sont trop hétérogènes, le risque est grand de passer à côté d'une évolution des pratiques masquée par une mise en équivalence abusive.

Les modes de transport sont un très bon exemple de la fabrication de variables par négociation et accord entre différents acteurs. La Figure 6.1 montre, entre autres choses, l'évolution récente des EMD « standard CERTU ». Depuis une dizaine d'années, ces dernières sont de moins en moins standardisées : l'EMD de Bordeaux définit par exemple une catégorie *Mobibus* ou *Navette électrique centre-ville*, celle de Grenoble définit une catégorie *Télécabine Bastille*. Cette diversification confirme le caractère conventionnel de la quantification de la mobilité : dans les années 1960, les conventions sont internes aux services techniques du ministère, les catégories sont définies par les ingénieurs du SERC-SETRA et appliquées indistinctement quelles que soient les particularités locales. À partir du début des années 2000, les autorités locales (AOTU, agences d'urbanisme, mairies) s'approprient le dispositif EMD et entrent dans la négociation sur son contenu. L'exemple de l'EGT va dans le même sens : plusieurs acteurs sont présents dès l'édition de 1976, ce qui explique que la nomenclature soit plus détaillée et distingue clairement les services de la SNCF et de la RATP.

Recensement de la circulation / Recensement de la population		
Recensement de la circulation (1913)	Questionnaire T2 du RP (1962)	Recensement de la population 1999-2013
Automobiles pour marchandises Autobus Automobiles particuliers Motocycles Vélocipèdes ou cycles mus par les pieds	Train Métro-autobus Auto Deux-roues (moto, bicyclette) Employeur Autocar (lignes privées) Taxi	Pas de transport Marche à pied Deux-roues Voiture, camion, fourgonnette Transports en commun

Enquêtes ménages déplacements (SERC, SETRA, CETUR, CERTU)

Enquêtes de circulation années 1960 (Nancy, Strasbourg, Mulhouse, Bordeaux)	EMD "Standard CERTU" 1998
A pied Deux-roues Chemin de fer Conducteur de véhicule particulier Passager de véhicule particulier (Transport employeur) Taxi Autobus Autre moyen	Bicyclette Deux roues < 50 cm ³ Deux roues > 50 cm ³ Conducteur de véhicule particulier Passager de véhicule particulier Passager bus urbain Passager tramway Passager métro Passager car interurbain Passager SNCF Passager taxi Transport employeur Transport scolaire Fourgon, camionnette, camion Transport fluvial ou maritime Avion Autres modes

Enquêtes ménages déplacements récentes

Enquête Globale Transport 2001	EMD Bordeaux 2008-2009
Marche Fer seul SNCF banlieue + (RER ou métro ou bus Paris ou taxi) SNCF banlieue + Autres RER Seul RER + (RER ou métro ou bus Paris ou taxi) RER + Autres Bus banlieue / TVM ou autocar banlieue + bus Paris Bus banlieue / TVM seul ou + autres cas Transport employeur ou ramassage scolaire Bus Paris Bus Paris + autres Métro seul (ou + bus Paris ou taxi) Métro + bus banlieue / TVM (ou autocar banlieue) Métro + autres Voiture particulière conducteur Voiture particulière passager Véhicule utilitaire conducteur Véhicule utilitaire passager 2 roues à moteur immatriculé 2 roues à moteur non immatriculé Vélo Taxi Roller Autres modes de transports mécanisés Non renseigné	Bicyclette Deux roues < 50 cm ³ Deux roues > 50 cm ³ Roller, skate, trottinette Fauteuil roulant Conducteur de véhicule particulier Passager de véhicule particulier Passager bus urbain Passager tramway Passager navettes électriques centre-vile Passager Mobibus Passager car interurbain Passager SNCF Passager taxi Transport employeur Transport scolaire Fourgon, camionnette, camion Transport fluvial ou maritime Avion Autres modes

Réalisation : H. Commenges, UMR Géographie-cités, 2013 - Source : Archives du SERC-SETRA, CERTU 1998, EGT 1976-2001, EMD Bordeaux 2009

Fig 6.1 – Typologies de modes de transport selon plusieurs dispositifs de quantification

Au-delà des questions de catégories détaillées ici, il convient de noter le travail de construction de la variable caractérisant le mode de transport des déplacements. Les EMD standard CERTU, tout comme l’EGT et la plupart des enquêtes des grandes agglomérations européennes (Londres, Barcelone, Bruxelles) fixent une hiérarchie du mode dominant pour les déplacements multi-modaux⁵⁸. Ainsi, un déplacement constitué d’une étape à pied, d’une étape en bus et d’une dernière étape à pied sera considéré comme un déplacement en bus. Quelques rares enquêtes, comme l’enquête Mobidrive réalisée en Allemagne (cf. Annexe C), définissent le mode principal en fonction de critères propres à chaque déplacement et non en fonction d’une règle générique. Dans cette enquête, deux variables « mode principal » sont proposées : selon le temps, le mode principal d’un déplacement multi-modal correspondra alors au moyen de transport de l’étape la plus longue ; selon la vitesse, le mode principal correspondra alors au moyen de transport le plus rapide dans la chaîne multi-modale.

La question de la construction des catégories est donc essentielle puisque ces catégories formeront le cadre de la mesure. Une fois les catégories *convenues*, intervient la mesure.

6.1.2 Le postulat d’une mobilité routinière

Le *jour ouvrable type* ou *jour moyen* (cf. Section 2.2.3) est « un jour moyen de semaine [hors] jours fériés, vacances scolaires ou jours particuliers pouvant occasionner une modification des comportements (fortes perturbations climatiques, grèves des transports collectifs) » (CERTU 1998, p.52). Le recueil de données sur un seul jour, considéré comme moyen, prédomine dans les dispositifs de quantification de la mobilité. Ce mode de recueil se justifie par l’idée que les déplacements quotidiens suivent un patron assez régulier et que la variation de court terme est résiduelle (Hanson 1980, Huff et Hanson 1986b).

Les analyses qui suivent visent à tester ce postulat. Elles sont toutes réalisées sur l’enquête Mobidrive conduite à Halle et Karlsruhe (Allemagne) en 1999. C’est une enquête de plusieurs semaines qui a fait l’objet de nombreux rapports techniques et articles (Schönfelder et Axhausen 2000, Axhausen *et al.* 2002, Schlich et Axhausen 2003)⁵⁹. Il s’agit d’une enquête extrêmement riche qui contient des données socio-démographiques des ménages et des individus, des informations sur les engagements professionnels et privés dans des activités régulières, des détails sur les véhicules et les titres de transport à disposition, des questions d’options, ainsi que des informations météorologiques.

L’enquête Mobidrive est constituée de deux vagues, une première vague de test et une vague principale. Le travail réalisé dans cette section porte sur la vague principale qui comporte un échantillon de 68 ménages à Halle et 71 à Karlsruhe, environ 160 individus

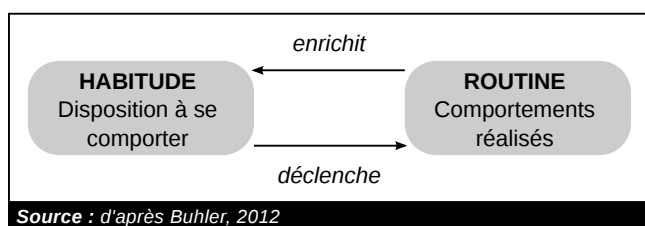
58. Il est d’usage de parler de « moyen » de transport pour caractériser finement les étapes et de « mode » pour caractériser le transport principal qui caractérise le déplacement.

59. Voir la page web dédiée à Mobidrive pour une liste des travaux réalisés à partir de cette enquête : http://www.ivt.ethz.ch/vpl/research/mobidrive/index_EN

dans les deux cas, soit un total de presque 320 individus. L'analyse suivante est réalisée sur les jours ouvrables de 304 individus, ce qui représente environ 7 900 journées⁶⁰

Habitude ou routine : éclaircissements conceptuels

Avant de s'intéresser aux relations que les dispositifs techniques de la socio-économie des transports entretiennent avec la routine et l'habitude, il convient de préciser le sens de ces mots. Habitude et routine sont des termes au vaste champ sémantique, utilisés dans le langage courant aussi bien que dans le langage spécialisé de la psychologie, de la sociologie et de la psychologie sociale. Alors que ces deux termes peuvent être, dans le langage courant, utilisés comme synonymes, un détour par le dictionnaire historique et étymologique (CNRTL) indique des significations distinctes, documentées à partir du XVI^e siècle : l'habitude est une « manière d'être », une « disposition acquise par la répétition » alors que la routine est un « chemin très fréquenté ».



Source : d'après Buhler, 2012

Fig 6.2 – Habitude et routine

La distinction majeure entre ces termes se fait autour de la réalisation du comportement (cf. Figure 6.2) : l'habitude semble désigner une disposition ou une propension à la réalisation d'un comportement donné alors que la routine semble désigner la réalisation de ce comportement. Cependant, il n'y a pas de consensus autour de l'usage de

ces termes. Par exemple, Gärling et Axhausen (2003, p.2) utilisent le terme « habitude » pour parler de comportements réalisés : « habit is defined as the repeted performance of behaviour sequences. » Les deux termes sont employés ici en suivant leur étymologie pour distinguer entre disposition à se comporter et comportements réalisés (Buhler 2012). En matière de mobilité, parler de disposition à se comporter renvoie plus généralement à la notion de motilité développée par V. Kaufmann et définie comme « capital de mobilité », comme la « manière dont un individu ou un groupe fait sien le champ du possible en matière de mobilité et en fait usage » (Kaufmann 2002, Kaufmann et Widmer 2005).

Les rapports qu'entretiennent les dispositifs de la socio-économie des transports avec la routine sont ambigus. D'un côté, la forme de ces dispositifs et l'usage qui en est fait s'inscrivent en général dans une perspective plus ou moins comportementaliste : les pratiques des individus, le fait qu'ils « choisissent » une destination plutôt qu'une autre, un mode de transport ou un itinéraire plutôt qu'un autre, serait une réponse à des facteurs « externes » comme la forme urbaine, l'accès au réseau de transport, la disposition d'un

60. Une quinzaine d'individus sont éliminés car leur recueil comporte des incohérences. Il y a en théorie 30 journées ouvrables renseignées par individu mais du fait de la non réponse liée à la lassitude (*reporting fatigue*) il y a en moyenne 26 jours ouvrables renseignés par individu.

véhicule ou le revenu. Ces facteurs sont externes dans le sens où ils n'ont pas de rapport avec le cheminement cognitif, en particulier l'habitude, qui mène à la réalisation d'un déplacement (Enaux 2009). D'un autre côté, les enquêtes et les modèles tiennent leur validité du fait qu'ils postulent que les pratiques sont routinières.

Depuis les premières approches des années 1950-1960 et la mise en place des dispositifs techniques de l'ingénierie du trafic, le postulat principal a été qu'un changement de l'offre de transport provoque un changement du comportement. Ce postulat est inscrit dans toutes les approches de modélisation, des premiers modèles à quatre étapes aux modèles plus sophistiqués de comportement. Cependant, le lien entre changement dans le réseau de transport et changement dans le comportement des usagers est complexe, non déterministe et inscrit dans des temporalités variables. Une modification du réseau de transport peut très bien ne provoquer aucune modification de comportement, un changement de comportement peut également avoir lieu sans être lié à une modification du réseau de transport. Ce type de liens a été examiné à plusieurs reprises dans des conditions quasi-expérimentales pour tester si la fermeture temporaire d'une infrastructure ou la gratuité temporaire des titres de transport public entraînent des modifications pérennes dans le comportement des usagers (Fujii *et al.* 2001, Fujii et Kitamura 2003). Ces auteurs ont ainsi discuté la possibilité de mettre en place un nouveau type de politiques de transport fondées sur la modification temporaire des réseaux.

Jusqu'au début des années 1970, toutes les enquêtes de mobilité se sont contentées de produire une information sur un seul jour ouvrable, avec l'idée que la variabilité intra-individuelle des pratiques était résiduelle (i.e. les pratiques d'un individu se ressemblent d'un jour sur l'autre). En 1971 est réalisée à Uppsala (Suède) la première enquête visant à tester la validité de ce postulat⁶¹. L'enquête produit une information sur les déplacements et les activités réalisés durant une période de 35 jours pour 300 ménages résidant à Uppsala.

En 1986, Huff et Hanson justifient l'intérêt de l'enquête d'Uppsala en affirmant : « many unanswered questions remain. How much of the individual's behavior over a several-week period is repetitive? How similar is one day's travel to another? How representative is a single day's travel of other days in the individual's record? » (Huff et Hanson 1986b). Leur exploitation de l'enquête les amène à rejeter l'idée que la mobilité d'un seul jour est représentative de l'ensemble des pratiques considérées sur la semaine. Malgré cette conclusion déjà ancienne, le recueil sur un seul jour reste la norme, en France et ailleurs.

Vingt ans plus tard, Schlich et Axhausen (2003) affirment que les recherches se sont concentrées sur la variabilité inter-individuelles des pratiques de mobilité, c'est-à-dire l'étude des différences de pratiques entre individus, et ont fait peu de place à la variabilité intra-individuelle, c'est-à-dire les différences de pratiques d'un jour sur l'autre pour un

61. Il y a un précédent en 1968, dans un travail de D. F. Marble et S. R. Bowlby qui s'intéresse aux récurrences dans les comportements d'achat des ménages. L'article, intitulé "Shopping alternatives and recurrent travel patterns", ne répond que partiellement à la question posée, s'intéressant uniquement aux mobilités d'achat et uniquement au niveau des ménages (Huff et Hanson 1986b).

même individu. Ces auteurs soulignent le peu de résultats empiriques obtenus dans ce domaine.

Deux types d'analyses peuvent être distinguées, qui sont successivement menées dans cette section : estimer une moyenne et produire des profils types de déplacements et d'activités. Ces analyses répondent aux deux questions suivantes : (1) les pratiques de mobilité sont-elles suffisamment routinières pour pouvoir calculer des mesures globales (distance moyenne parcourue, répartition modale) à partir du recueil d'un seul jour ? Les pratiques sont-elles suffisamment routinières pour pouvoir dresser des profils quotidiens de déplacements et d'activités et classer les individus en fonction de ces profils ?

Estimer une pratique moyenne

La question de la variabilité intra-individuelle des pratiques de mobilité a fait l'objet de plusieurs travaux durant les années 1980, en particulier ceux de Hanson et Huff (1986a, 1986b, 1988) et ceux de Koppelman et Pas (1984, 1986, 1987). Ces auteurs partent d'un schéma simple montrant, pour une variable donnée, la partition de la variance entre une composante inter-individuelle et une composante intra-individuelle.

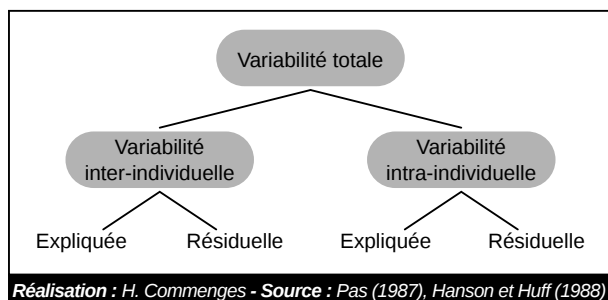


Fig 6.3 – Décomposition de la variance

Ainsi, la variabilité totale de la distance parcourue par individu peut-être scindée en deux composantes (cf. Figure 6.3) : la première tient aux variations entre les individus dont une partie peut être expliquée par des variables les caractérisant, les actifs font une distance moyenne supérieure aux retraités par exemple, et une partie reste inexpliquée (résiduelle). La seconde composante tient aux variations d'un jour sur l'autre pour un même individu, dont

une partie peut être expliquée par des variables caractérisant les jours, la distance parcourue le lundi est supérieure à celle parcourue le mercredi par exemple, et une partie reste inexpliquée.

La première question qui se pose est de savoir ce que représente la variabilité intra-individuelle par rapport à la variabilité inter-individuelle : y a-t-il en moyenne plus de différence entre deux individus qu'entre deux jours d'un même individu pour une variable donnée. À partir de l'enquête d'Uppsala, Eric Pas (1987) avait établi pour le nombre de déplacements réalisés par jour que la variance intra-individuelle représentait environ 50 % de la variance totale. Refaisant ces calculs avec des données plus récentes, Pas et Sundar (1995) établissent que la variance individuelle représente autour de 40 % pour des variables comme le nombre de déplacements par jour ou le temps de trajet quotidien.

Dans un premier temps, je cherche à confronter ces résultats déjà anciens aux données de l'enquête Mobidrive. Le modèle utilisé est un modèle mixte à deux niveaux (individu, jour) sans effet fixe (modèle vide) :

$$Y_{ij} = \beta_0 + u_i + \epsilon_{ij}$$

Où β_0 est l'intercept, u_i l'effet aléatoire caractérisant les individus et ϵ_{ij} le résidu. La variance de u_i est donc la variance inter-individuelle, la variance de ϵ_{ij} est la variance intra-individuelle, la somme de ces deux variances est égale à la variance totale. La mesure utilisée est donc la proportion de la variance totale due à la variance inter-individuelle. Cette mesure peut être désignée sous le nom de coefficient de partition de la variance (VPC - *variance partition coefficient*) ou coefficient de corrélation intra-classe (*intraclass correlation coefficient*) souvent noté ρ (Hox 2002) :

$$\rho = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_u^2 + \sigma_\epsilon^2}$$

Cette mesure est calculée à partir de l'enquête Mobidrive pour trois variables (Y_{ij}) : la distance parcourue, le temps de déplacement quotidien, et le nombre de déplacements réalisés (cf. Figure 6.4). Pour ces trois variables, la proportion de la variance totale due à la variance inter-individuelle est légèrement inférieure aux résultats obtenus par Pas : 25,1 % pour la distance parcourue, 28,9 % pour le temps de déplacement quotidien et 36,4 % pour le nombre de déplacements. La variabilité intra-individuelle, que les enquêtes avec recueil sur un seul jour type ne permettent pas de quantifier, est donc nettement supérieure à la variabilité inter-individuelle.

Ce résultat invalide-t-il cette notion de *jour ouvrable type* sur laquelle s'appuient les EMD depuis les origines ? L'analyse suivante permet de répondre à cette question en prenant comme exemple le temps de déplacement quotidien.

Dans un premier temps, plusieurs modèles sont confrontés pour comparer la précision des estimations du temps de déplacement quotidien (cf. Figure 6.5). Il s'agit de comparer un modèle avec un seul jour de recueil par individu, qui laisse donc de côté la variabilité intra-individuelle, avec des modèles qui prennent en compte plusieurs jours de recueil par individu et capturent donc mieux cette variabilité intra-individuelle qui représente plus des deux tiers de la variabilité totale (71,1 %) pour la variable considérée. Tous les modèles prennent en compte le même échantillon de 304 individus. Le premier modèle estime le temps de déplacement quotidien avec un seul jour de recueil par individu (304 observations), le deuxième modèle avec deux jours de recueil (608 observations), le troisième avec trois jours de recueil et cela jusqu'à dix jours de recueil⁶². La précision des estimations est mesurée ici par l'écart-type.

62. Chaque modèle est calculé sur un sous-échantillon de l'enquête produit par tirage aléatoire de certains jours sur l'ensemble des jours renseignés. Pour lisser les mesures obtenues, chaque modèle est calculé 300 fois et le résultat donné dans le graphique est la moyenne des 300 estimations.

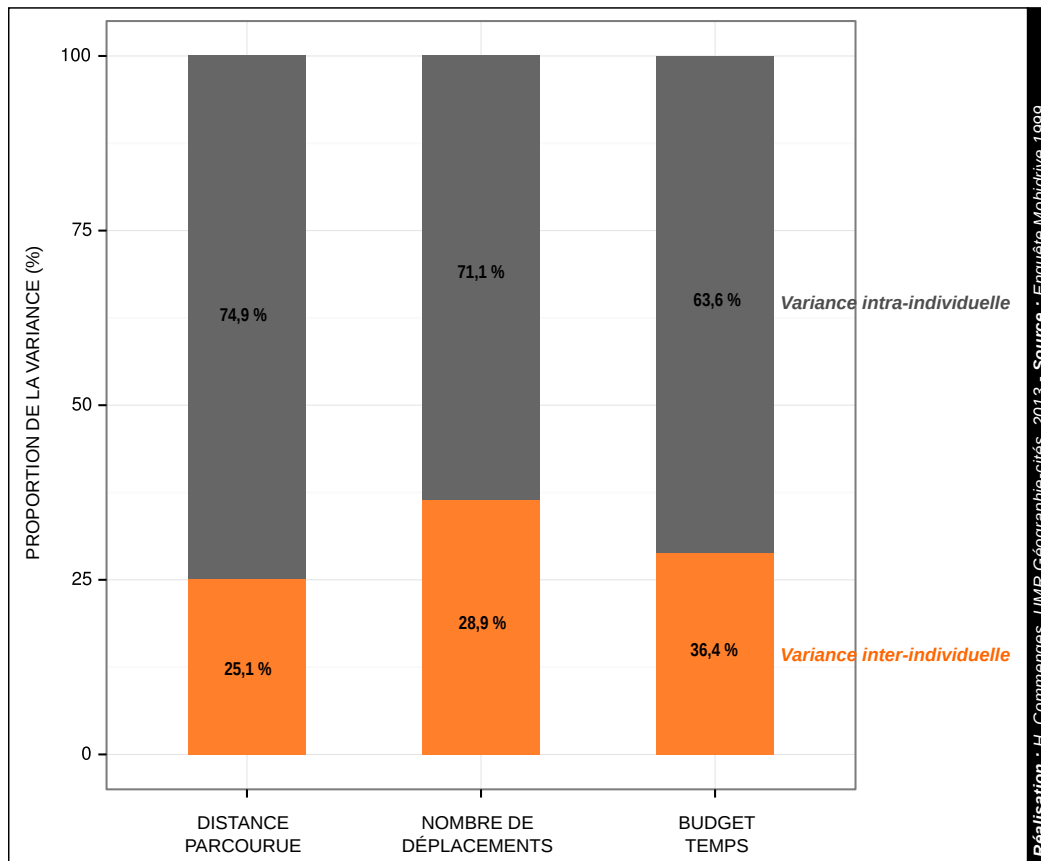


Fig 6.4 – Partition de la variance pour la distance, le temps et le nombre de déplacements

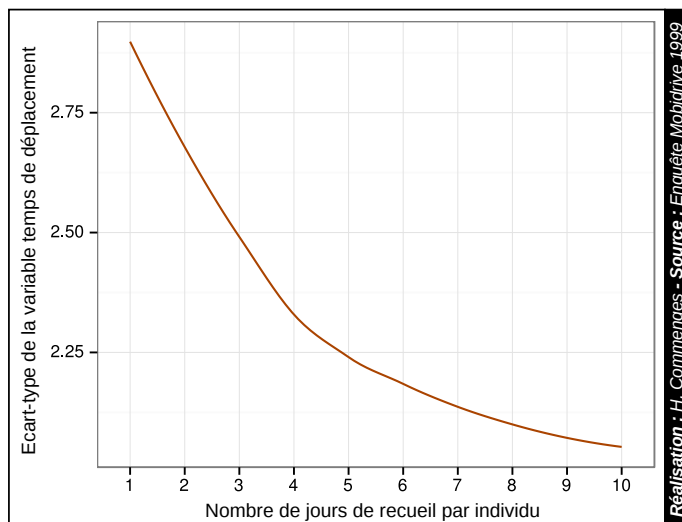


Fig 6.5 – Précision de l'estimation en fonction du nombre de jours de recueil

Plus le nombre de jours pris en compte est important, plus l'estimation est précise. Ce résultat n'est pas surprenant puisque le nombre d'observations croît avec le nombre de jours pris en compte. Partant du fait qu'il est moins cher d'augmenter le nombre de jours de recueil que d'augmenter le nombre d'individus de l'échantillon d'une enquête, [Pas \(1987\)](#) a proposé dès la fin des années 1980 de faire des enquêtes avec un recueil sur plusieurs jours. Pour un échantillon d'individus d'une taille donnée (contrainte sur le coût de production de l'enquête), un recueil

de deux ou trois jours augmente, par rapport au recueil d'un seul jour, la précision de l'enquête sans en augmenter sensiblement le coût. De la même façon, pour une précision

des estimations donnée (contrainte sur la précision), une enquête avec un échantillon de taille réduite et plusieurs jours de recueil permet d'obtenir à moindre coût la même précision qu'une enquête avec un échantillon plus important et un seul jour de recueil : « these benefits accrue because of the additional information that is obtained from each respondent in a multiday survey, at a small marginal increase in cost (Pas et Sundar 1995, p.138).

Cependant, ce n'est pas la seule conclusion à tirer de cette analyse. Si la contrainte porte sur le nombre d'observations (le nombre d'individus multiplié par le nombre de jours de recueil), une analyse empirique sur les données de l'enquête Mobidrive montre que plus le nombre de jours de recueil est faible, plus l'estimation est précise. L'estimation est plus précise sur un échantillon de 300 individus avec 1 jour de recueil, que sur 150 individus avec 2 jours de recueil, que sur 100 individus avec 3 jours de recueil, etc. Ce résultat se comprend grâce la formule de la variance de l'estimateur de l'intercept du modèle (Moerbeek *et al.* 2008) :

$$var(\hat{\beta}_0) = \frac{m\sigma_u^2 + \sigma_\epsilon^2}{mn} = \frac{\sigma_u^2}{n} + \frac{\sigma_\epsilon^2}{mn}$$

Où σ_u^2 est la variance inter-individuelle, σ_ϵ^2 est la variance intra-individuelle, m est le nombre de jours de recueil et n le nombre d'individus de l'échantillon. Il s'ensuit que, pour un nombre d'observations fixé, égal à mn , on minimise la variance de l'estimateur lorsque $n = mn$, et donc $m = 1$. La précision est maximale lorsqu'on dispose de n unités de tirage indépendantes et qu'il n'y a pas d'effet de grappe.

En conclusion, si l'objectif de l'enquête est d'estimer des valeurs moyennes et si la contrainte porte sur le nombre d'observations, le *design* optimal est une enquête avec un seul jour de recueil. La première condition est vraie, l'objectif originel des EMD est bien d'estimer des valeurs moyennes pour les besoins du dispositif de modélisation. La seconde condition est vraie *par défaut* : dans les années de mise en place et d'importation des EMD en France, c'est-à-dire du début des années 1940 au début des années 1960, il n'y avait pas les outils théoriques pour évaluer la précision des estimations dans des enquêtes au *design* à deux niveaux. Le premier travail sur ce sujet est celui de Kish en 1965, qui propose une correction de l'effet de *design* (*design effect*) d'un sondage par grappes (Hox 2002). Le développement des modèles multiniveaux, quant à lui, date du début des années 1980 (De Leeuw et Meijer 2008).

Ce cadre théorique multiniveau aurait produit un modèle conceptuel à quatre objets⁶³ : *Ménage* \Rightarrow *Individu* \Rightarrow *Jour* \Rightarrow *Déplacement*. Sans ce cadre théorique, l'objet statistique jour n'a pas été envisagé, il a été court-circuité à travers la notion de *jour ouvrable type*.

Cette section a examiné la validité des estimations de valeurs moyennes à partir de différents *design* d'enquête. Cette utilisation se satisfait bien d'un *design* d'enquête à

63. Quatre objets si l'on exclut l'objet étape qui est apparu plus tard pour préciser la composition de l'objet déplacement.

un seul jour : malgré les propositions formulées par Pas (1987), il n'en reste pas moins qu'à nombre d'observations constant, il vaut mieux minimiser le nombre de jours de recueil pour obtenir des estimations plus précises. La section suivante poursuit cette approche en s'intéressant non plus à des estimations de valeurs moyennes mais à des patrons quotidiens de déplacements et d'activités.

Caractériser des patrons de mobilité et d'activité

À la suite des travaux initiaux sur Uppsala, plusieurs auteurs se sont intéressés à la question des routines et y ont appliqué différentes méthodes : [Shapcott et Steadman \(1978\)](#), Koppelman et Pas ([1985, 1986](#)), [Recker et al. \(1985\)](#), [Wilson \(1998\)](#), Kay Axhausen et ses collègues autour de l'enquête Mobidrive ([Axhausen et al. 2002](#), [Schlich et Axhausen 2003](#)), [Joh et al. \(2002\)](#). Un grand nombre de ces travaux vise à produire des profils types de déplacements et d'activités correspondant à des groupes d'individus, et à répondre à des questions du type : les femmes actives se distinguent-elles des hommes actifs par des patrons plus compliqués, avec des enchaînements de déplacements plus nombreux ? Plusieurs éléments méritent d'être signalés à propos des méthodes et des objectifs de ces travaux, éléments qui positionnent les analyses réalisées dans cette section par rapport à la littérature existante.

D'abord, les méthodes utilisées dans les années 1970 et 1980 ne mesurent pas correctement l'aspect séquentiel de la mobilité. Hanson et Huff construisent un indicateur de similarité pour examiner la variabilité intra-individuelle et inter-individuelle. Cet indicateur est le résultat d'une analyse multivariée (analyse en composantes principales) portant sur un grand nombre de variables de déplacements et d'activités : temps passé pour diverses activités, nombre de déplacements, distance parcourue et d'autres variables de ce type. La méthode développée par Koppelman et Pas prend bien en compte les patrons de déplacements et d'activités mais, selon [Joh et al. \(2002\)](#), elle mesure mal la similarité entre deux journées partageant les mêmes états (activités et déplacements) ordonnés différemment.

Ce genre d'analyses s'enrichit à la fin des années 1990 des méthodes d'analyse séquentielle adaptées aux sciences sociales, en particulier par Andrew Abbott ([Abbott et Hrycak 1990](#), [Abbott 1995](#)). [Wilson \(1998\)](#) les applique à des programmes d'activités quotidiennes puis [Joh et al. \(2002\)](#) proposent une version permettant de saisir plus finement les séquences multi-dimensionnelles. L'idée développée par ces auteurs est celle de l'analyse multivariée classique : il y a certainement des interdépendances entre les différentes séquences (activités, lieux ou modes de transport). La similarité entre deux journées doit prendre en compte ces différentes dimensions tout en neutralisant les interdépendances, équivalentes au phénomène de colinéarité dans un modèle de régression classique.

Parmi les recherches françaises, plusieurs travaux peuvent être mentionnés : un cadre d'analyse des patrons multi-dimensionnels est proposé par [Chardonnel et al. \(2004\)](#), une

analyse des routines par [Chardonnel et al. \(2010\)](#) à partir d'une enquête réalisée dans la région de Grenoble. Comme dans la littérature anglosaxonne, ces travaux visent souvent à dresser des profils types à partir des patrons de déplacements et d'activités ([Thévenin et al. 2007](#), [Tabaka 2009](#), [Delage 2012](#)).

Il s'agit ici de tester la validité de ce type d'analyse lorsqu'elle sont réalisées sur un seul jour ouvrable. La section précédente a montré que la notion de *jour ouvrable type* est acceptable lorsque l'objectif est d'estimer des valeurs moyennes. Cette notion, et le mode de recueil qu'elle implique, est-elle satisfaisante pour caractériser des patrons d'activités et de déplacements ?

Pour produire des profils types, deux approches principales sont adoptées : la première approche consiste à partir d'une classification exogène d'individus, par exemple sur des variables socio-économiques, puis à dresser des profils types d'activités-déplacements pour les groupes pré-définis. La seconde approche consiste à produire des profils types de façon endogène, à partir des patrons d'activités et de déplacements, puis à examiner quels types d'individus correspondent aux patrons d'activités. Malgré les progrès méthodologiques, le problème mentionné dès le milieu des années 1980 par [Huff et Hanson \(1986a\)](#) reste entier : il n'y a apparemment pas de correspondance stable entre certains types d'individus et certains profils types de déplacements-activités.

Pour s'attaquer à problème, il faut disposer de données renseignant les déplacements et les activités des individus sur plusieurs jours. Les enquêtes avec un recueil sur deux jours, telles que l'enquête de Seattle utilisée dans la section précédente, sont insuffisantes pour mesurer des routines. Il faut pour cela une enquête qui saisisse les pratiques sur une ou plusieurs semaines. Ce type d'enquête est assez récent, la plus ancienne étant l'enquête nationale du Royaume-Uni (*UK National Travel Survey*) qui devient un dispositif de quantification pérenne à la fin des années 1980 ([Taylor et al. 2012](#)).

Les enquêtes produisant une information sur plusieurs semaines sont assez rares. L'enquête Mobidrive, exemplaire en ce domaine, est utilisée pour réaliser l'analyse suivante, structurée en quatre temps : (1) ré-agencement des données de déplacements dans le modèle séquentiel présenté à la Section 4.2 ; (2) calcul des dissimilarités entre séquences avec deux méthodes de comparaison de séquences ; (3) production de jeux de séquences représentatives des pratiques de chaque individu.

La Figure 6.6 montre cinq jours ouvrables de deux individus d'un même ménage, Rolf et Renate. Cet exemple purement illustratif introduit les questions susceptibles de se poser au moment de choisir une méthode de comparaison des similitudes entre séquences. Plusieurs éléments peuvent en effet être pris en compte dans cette démarche :

1. Synchronisation : deux séquences sont similaires quand leur patron temporel est similaire.
2. Apparition des mêmes états : deux séquences sont similaires si elles contiennent les mêmes états (ici des activités), par exemple déplacement, domicile, travail et achats.

3. Nombre d'états : deux séquences sont similaires si elles contiennent le même nombre d'états, par exemple, quatre activités réalisées dans la journée.
4. Durée des états : deux séquences sont similaires si les états qu'elles contiennent ont une durée similaire.
5. Ordre de réalisation des états : deux séquences sont similaires si elles enchaînent les mêmes états dans le même ordre, par exemple Travail-Achats-Domicile.

Il existe plusieurs méthodes de comparaison de séquences qui pourraient être utilisées pour mettre en avant ces différents éléments de similitude. Les plus simples consisteraient à compter le nombre d'activités réalisées ou à comptabiliser le temps passé dans chacun des états (cf. Section 5.4). Il est également possible de comparer les séquences en détectant les plus longues sous-séquences communes (*longest common substring*, *longest common subsequence*). Appliquant cette méthode pour comparer les journées de Rolf et de Renate (cf. Figure 6.6), le lundi apparaîtra comme plus semblable que le mercredi. En effet, le lundi, la plus longue sous-séquence commune (*substring*) compte une suite de 5 états distincts (Domicile-Déplacement-Achat-Déplacement-Domicile), alors que le mercredi elle n'en compte que deux (Domicile-Déplacement).

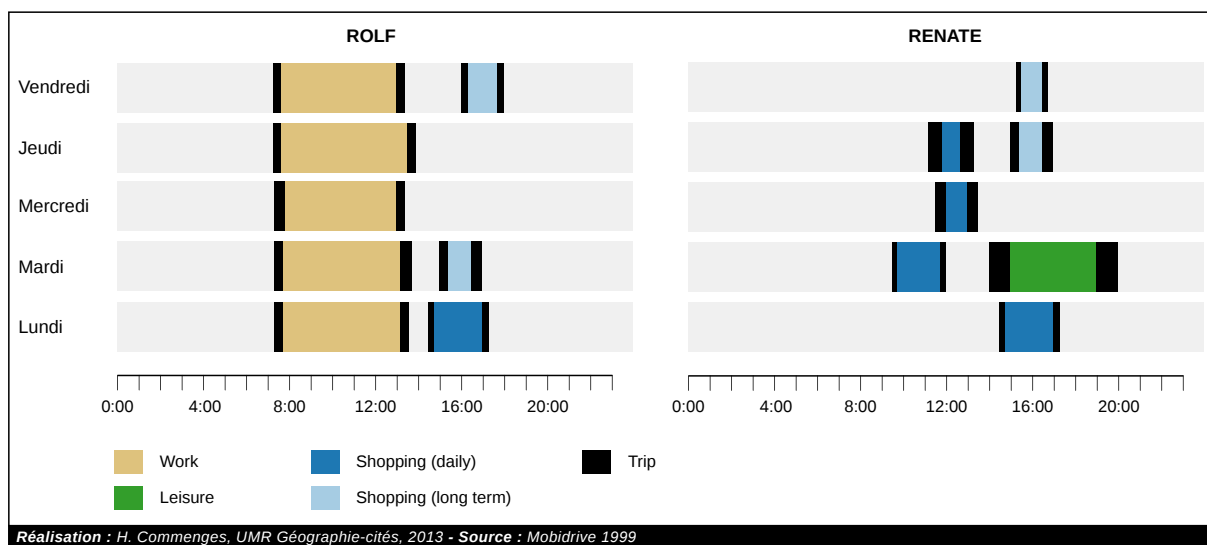


Fig 6.6 – Comparaison des séquences d'activités de deux individus

L'analyse qui suit développe une idée proposée par de [Huff et Hanson \(1986a\)](#) : ces auteurs critiquent les tentatives de produire des profils types avec des enquêtes ne recueillant qu'un seul jour. Ils produisent une classification à partir de l'enquête d'Uppsala et utilisent les six semaines de recueil de l'enquête pour lisser les variations intra-individuelles, c'est-à-dire les variations des séquences d'activités et de déplacements d'un jour sur l'autre. Ils concluent finalement à un succès partiel de leur démarche : « has the goal of identifying groups of

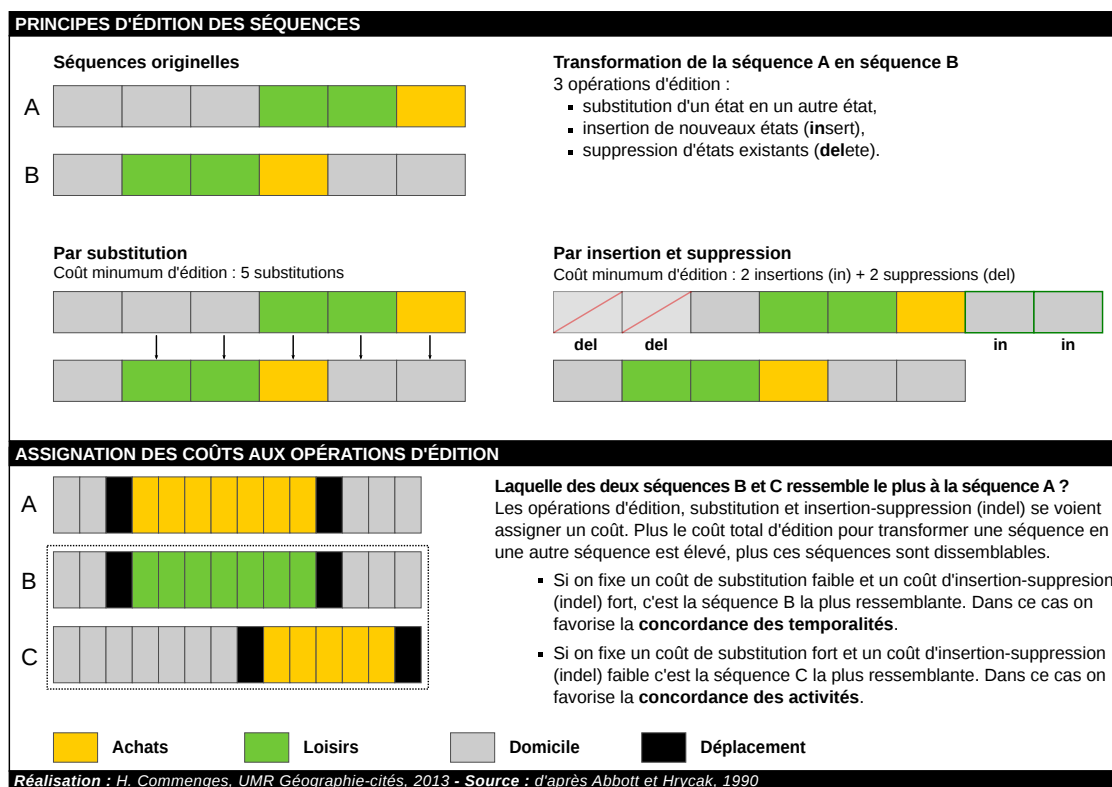
individuals that are homogeneous with respect to both behavior and sociodemographic-locational characteristics been met ? Only partially. There remains, however, considerable intragroup variance with respect to both sets of variables, and there remains substantial overlap among the various groups » (p.290-291).

La raison, selon eux, de cette variance restée inexpliquée est que leur méthode, comme toutes les précédentes qu'ils mentionnent dans l'état de l'art, se limite à produire un seul profil type par groupe : « the travel characteristics associated with each cluster essentially sketch out a *single* travel-activity pattern for each cluster. Yet our evidence suggests that *more than one typical travel pattern* is needed if we wish to effectively characterize the travel behavior of any one individual or any population subgroup for that matter » (p.291). Ils annoncent donc leur volonté de chercher à produire, dans une recherche future, des profils quotidiens multiples (*multiple daily patterns*) pour caractériser des groupes d'individus. Cette annonce prometteuse n'ayant reçu aucune suite, l'analyse présentée ici se propose de l'explorer.

Mesures de similarité entre séquences

Abbott et Hysrcha (1990) distinguent deux grands types de questions qui peuvent être adressées à des données longitudinales : la *pattern question* et la *generation question*. La *generation question* interroge la production des séquences, elle est plutôt explicative et modélisatrice et n'est pas utilisée ici. La *pattern question* est descriptive et s'adresse à des données séquentielles. Il s'agit de quantifier la ressemblance-dissemblance entre les séquences en utilisant diverses méthodes de calcul de dissimilarité entre des données séquentielles.

La méthode utilisée ici est dite « d'appariement optimal » (*optimal matching*). Elle naît dans les années 1950 en science informatique (Hamming) et se diffuse ensuite dans plusieurs disciplines : la biologie d'abord pour la comparaison de séquences d'ADN, puis certaines disciplines des sciences sociales comme l'histoire ou la démographie pour la comparaison de trajectoires professionnelles ou familiales (Abbott et Forrest 1986, Abbott 1995). Le principe est de transformer une séquence en une autre à travers une suite d'opérations d'édition : substitution d'un état en un autre, insertion ou suppression d'états. Plus le coût de transformation est élevé, plus les deux séquences sont dissemblables.



Les méthodes d'appariement ont de nombreux avantages : le principe est simple et intuitivement facile à comprendre, les critères de similarité (concordance des temporalités, concordance des états) sont aisément paramétrables en fixant des coûts différenciés aux opérations d'édition. En revanche, il n'y a pas de fondements théoriques qui permettent de guider ce paramétrage : il doit être fait sur des choix interprétatifs et des explorations empiriques.

À partir de l'enquête Mobidrive, les profils quotidiens de déplacements et d'activités font l'objet d'une analyse de dissimilarité selon deux méthodes : la méthode d'appariement optimal présentée plus haut (cf. Encadré) et la méthode de la plus longue sous-séquence commune (*longest common subsequence*) proposée par Elzinga (2007). Le traitement est présenté ici dans les grandes lignes (cf. Figure 6.7).

L'idée générale est de produire une matrice de distances qui quantifie la dissimilarité entre les différents jours de chaque individu. D'abord, un premier ensemble de matrices de dissimilarités (304 matrices, une par individu) est calculé par la méthode d'appariement optimal avec une distance de Hamming. Cette distance est un paramétrage particulier des opérations d'édition (cf. Encadré) : seules les opérations de substitution sont utilisées. Les matrices de distance ainsi produites quantifient la synchronisation entre les différentes journées mais ne sont pas discriminantes vis-à-vis des types d'activités réalisées.

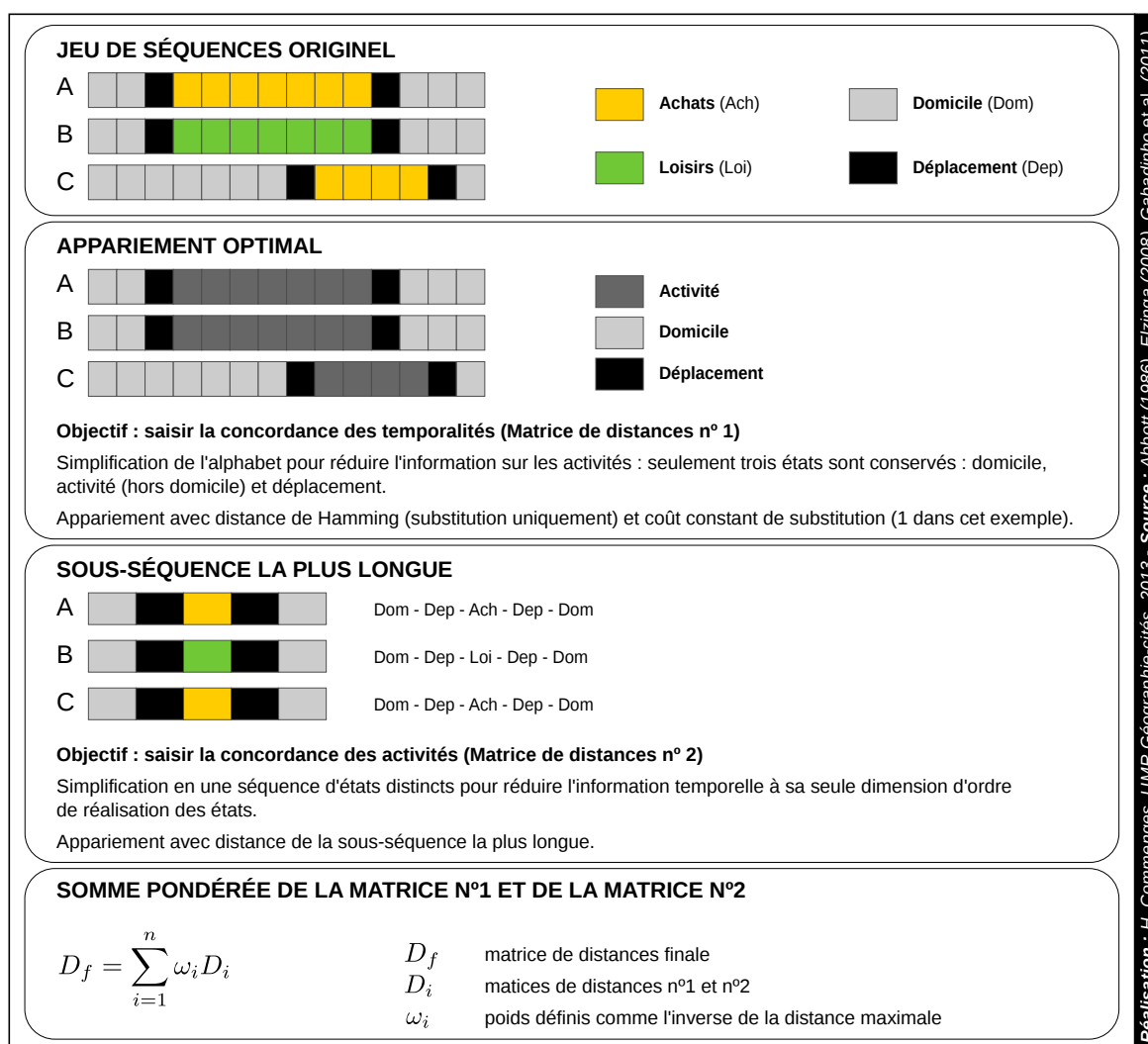


Fig 6.7 – Méthode de comparaison des patrons d'activités-déplacements

Dans un deuxième temps, un ensemble de matrices de dissimilarités est calculé par la méthode de la plus longue sous-séquence commune. Cette opération quantifie la concordance d'activités entre les journées mais n'est pas discriminante vis-à-vis de leur temporalité. Le seul aspect temporel conservé est l'ordre de succession des activités. Dans un troisième temps, les matrices produites par les deux premières étapes sont normalisées puis sommées. Le résultat est un jeu de matrices de dissimilarités qui quantifie à la fois la concordance des temporalités et la concordance des activités entre les différentes journées des individus.

Enfin, à partir de ces 304 matrices de dissimilarités, un jeu de séquences représentatives est extrait pour chacune d'elle grâce aux méthodes implémentées par [Gabadinho et al. \(2011\)](#), constituant ces *multiple daily patterns* annoncés par Huff et Hanson (la procédure et son calibrage sont détaillés dans l'Annexe A). Chaque individu est donc caractérisé par un jeu constitué d'une à une douzaine de séquences qui résument l'ensemble de ses patrons d'activités-déplacements observés sur six semaines de recueil.

La Figure 6.8 montre ces « patrons quotidiens multiples » pour quatre individus. Les deux premiers sont assez routiniers : Rosemarie ne fait que travailler, elle a trois horaires décalés qui reviennent régulièrement. Helmutt peut lui aussi être caractérisé par trois patrons quotidiens : une journée longue à l'école, une journée longue à l'école suivie d'une activité de loisirs, une journée courte à l'école suivie d'une activité de loisirs. Franz et Hannah en revanche ont des pratiques moins routinières et sept ou huit séquences représentatives sont nécessaires pour les résumer. Franz enchaîne de nombreux épisodes de loisirs, d'achats quotidiens et d'achats « de long terme », entrecoupés de déplacements d'accompagnement. Il en est de même pour Hannah qui, à ces pratiques turbulentes, ajoute des journées de travail à trois horaires décalés qui ressemble à un rythme dit « des trois huit » (matin, après-midi et nuit)⁶⁴.

L'annonce faite par Hanson et Huff est donc tout à fait vérifiée, les individus ont des patrons multiples. Dans le jeu de données utilisés, rares sont les individus (environ 1 %) dont une seule séquence représentative suffit à résumer les pratiques, pour la plupart, le nombre de séquences représentatives nécessaires se situe entre 3 et 8. Ces chiffres sont très dépendants du calibrage de la méthode d'extraction de séquences représentatives exposée par [Gabadinho et al. \(2011\)](#). Ils devront faire l'objet d'une recherche plus approfondie.

La section précédente a montré que les enquêtes avec recueil sur un seul jour sont satisfaisantes lorsqu'il s'agit d'estimer des valeurs moyennes, ce qui est l'objectif originel et reste un objectif important des EMD. Le travail sur les patrons d'activités montre que ce type d'enquête est largement inadapté pour saisir les patrons d'activités, puisque ces patrons sont multiples et qu'il n'y a pas d'objet jour dans le modèle conceptuel de données. L'objet jour, nécessaire à ce type d'analyse, est court-circuité par la notion de *jour ouvrable type*.

64. Cette dernière remarque met en avant une difficulté supplémentaire pour caractériser les patrons nocturnes pour lesquels activités et déplacements forment une séquence à cheval sur deux jours.

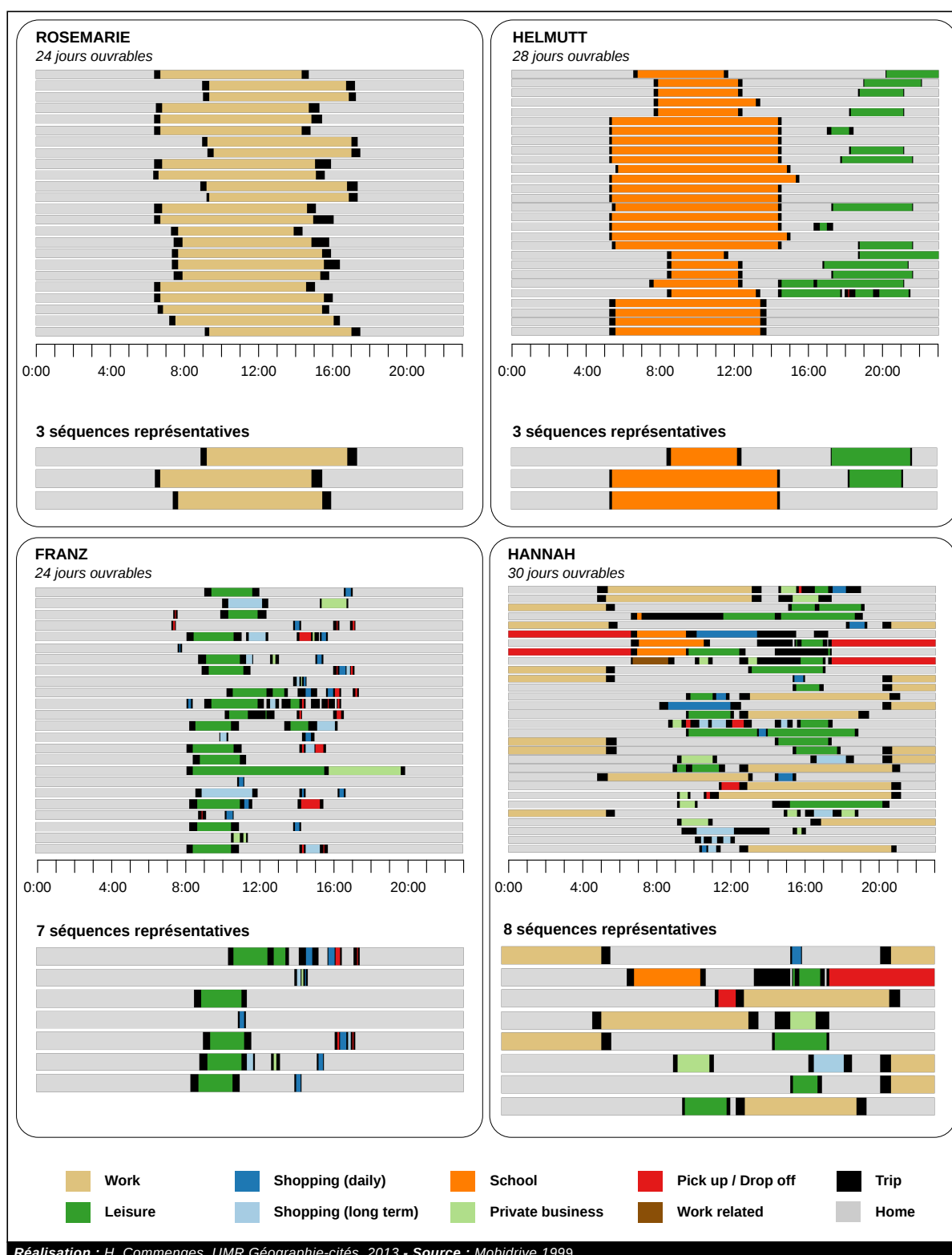


Fig 6.8 – Exemple de « patrons quotidiens multiples » pour quatre individus

D'une façon plus générale, cette section montre que la variabilité intra-individuelle des pratiques est, dans la plupart des cas, supérieure à la variabilité inter-individuelle. Ce résultat amène une conclusion très importante : toute analyse visant à produire des classifications d'individus et des profils types à partir d'enquêtes avec recueil sur un seul jour doit être accompagnée de précautions techniques et/ou discursives. Ceci est vrai aussi bien lorsque l'analyse porte sur des patrons d'activités-déplacements que lorsqu'elle porte sur des variables simples comme la distance parcourue ou le temps de déplacement.

Ces précautions visent à maintenir la congruence entre mesure et discours dont il sera question plus en détail dans la section suivante. Adapter le discours à la mesure (précaution discursive) consiste à déplacer l'interprétation de l'individu vers la journée. Le *jour ouvrable type*, malgré l'ambiguïté de la notion, reste un jour : l'information qui en est tirée ne peut être interprétée qu'à ce niveau. Cette approche est par exemple adoptée par [Tabaka \(2009\)](#) qui dresse à partir d'une EMD des *journées type* et non des profils type d'individus. Adapter la mesure au discours (précaution technique) consiste à enrichir l'information recueillie sur un seul jour avec des variables de fréquence au niveau individuel, c'est-à-dire des variables qui renseignent sur les modes de transport utilisés, les activités réalisés et les lieux fréquentés habituellement. Cette approche est par exemple adoptée par [Delage \(2012\)](#). Elle n'est pas toujours possible parce que ce type de variables au niveau individuel est absent de l'EGT et ne commence à apparaître dans les EMD que depuis le début des années 2000 (cf. Section [4.1.2](#)).

D'un point de vue théorique, ce résultat qui met en évidence la très grande variabilité intra-individuelle des pratiques peut être rapproché de la « loi » de Zahavi (cf. Section [7.1.4](#)) : la constance du budget temps de transport est très souvent mobilisée pour expliquer comment l'augmentation de la vitesse sur les réseaux de transport se traduit non par un gain de temps mais par un allongement des distances. Cette constance a été validée lorsqu'il s'agit d'une valeur moyenne ou médiane calculée au niveau agrégé de l'agglomération ([Mokhtarian et Chen 2004](#), [Raux et al. 2010](#)). À la suite des analyses réalisées dans cette section, il faut bien distinguer deux choses que lisse cette valeur moyenne : elle lisse la variabilité entre les individus, mais elle lisse également la variabilité entre les différents jours de chaque individu.

6.2 Le discours et sa mesure, congruence et décalages

« Nous pensons souvent que lorsque nous avons étudié à fond “un”, nous savons tout sur “deux”, parce que “deux”, c’est “un plus un”. N’oublions pas qu’il nous reste à étudier “plus”. »

ARTHUR STANLEY EDDINGTON, cité par [Fichelet et al. \(1970\)](#)

La question de la congruence entre mesure et discours, annoncée dans la section précédente, est développée dans cette section à travers l’exemple des pratiques modales. En effet, ce thème fait l’objet de discours nombreux et divers et constitue donc un observatoire de la façon dont les discours s’appuient sur des mesures et dont les mesures sont construites pour alimenter des discours.

Des odes à la route et à l’automobile de Le Corbusier aux réductions de gaz à effets de serre, la seconde moitié du vingtième siècle regorge de discours sur les modes de transport. Il peut s’agir de discours politiques, ceux d’un président ou d’un élu local, de discours législatifs et réglementaires, comme les lois sur les transports, de discours techniques, comme les rapports d’enquêtes ménages déplacements, de discours académiques enfin constitués d’un vaste ensemble d’articles sur les pratiques modales, sur l’évolution de ces pratiques ou encore sur les rapports entre urbanisme et transport.

Ces discours se nourrissent très souvent de mesures qui donnent une idée de l’utilisation des modes de transport, des évolutions dans l’utilisation de ces modes, des différences sociales dans l’utilisation des modes, de la consommation d’énergie ou de la production de gaz à effet de serre qu’ils engendrent. On dira par exemple qu’il faut diminuer le trafic automobile (discours législatif : Loi d’Orientation sur les Transports Intérieurs), que les femmes utilisent plus les transport collectifs que les hommes (discours technique : [Grand Lyon et CERTU 2005](#)), que les habitants des zones périurbaines des grandes agglomérations produisent plus d’émissions de gaz à effet de serre que les habitants des centres villes (discours académique : [Orfeuil et Soleyret 2002](#)).

Tous ces discours offrent une occasion d’examiner la mesure, le discours et surtout le rapport entre les deux. La section précédente s’est intéressée aux conditions de validité de la mesure, mais une mesure n’est pas valide en elle-même, elle est valide dans son utilisation, c’est-à-dire dans son articulation avec un discours. Dans la recherche de la congruence entre mesure et discours, deux approches sont possibles : adapter le discours à la mesure ou adapter la mesure au discours. Dans ce dernier cas, il faut parfois imaginer de nouvelles mesures, ce qui est fait dans la Section [6.2.2](#) : deux nouvelles mesures sont proposées pour appréhender les pratiques modales.

6.2.1 Le report modal, une injonction sans mesure

L'origine de la question du report modal se confond avec celle du choix modal qui date de l'importation en France des dispositifs américains de quantification et de modélisation de la *mobilité quotidienne*. Dans les années 1960, la problématique du choix modal ne correspond pas à une injonction socio-politique, comme c'est le cas à partir des années 1980, mais à des impératifs de modélisation. En effet, la modélisation à quatre étapes, après avoir estimé des stocks de déplacements et après les avoir distribués dans l'espace d'étude, les affecte aux modes de transport. Ceci est réalisé grâce aux courbes d'affectation développées au début des années 1960 en France, qui constituent donc la première formalisation du choix modal. Durant les années 1960, toutes les questions relatives au choix modal restent donc attachées au dispositif de modélisation.

196

QUESTIONNAIRE D'ENQUETE (AVANT)

n° du ménage 39
n° de l'îlot 111
n° zone d'enquête 7

Nom : FOURNIER
Rue : Rue D. Laganova
Commune : Rueil

N° 13
Tél. : 967-10-78

1 MENAGE

A Date d'emménagement

1 avant le 31.12.59	1 <input type="radio"/>	1
2 entre le 1.1.60 et le 31.12.64	2 <input type="radio"/>	
3 entre le 1.1.65 et le 31.12.68	3 <input type="radio"/>	
4 en 1969	4 <input type="radio"/>	
5 en 1970	5 <input type="radio"/>	
6 en 1971	6 <input checked="" type="radio"/>	
7 en 1972	7 <input type="radio"/>	

B Le futur R.E.R. de St Germain a-t-il joué un rôle dans le choix du domicile ?

aucun	1 <input checked="" type="radio"/>	2
oui, de façon minime	2 <input type="radio"/>	
oui, important	3 <input type="radio"/>	

C Le ménage dispose-t-il d'une ou de plusieurs voitures ?

aucune	1 <input type="radio"/>	3
1 voiture	2 <input checked="" type="radio"/>	
2 et + voitures	3 <input type="radio"/>	

D Quelle est la station du futur R.E.R. la plus proche de votre domicile ?

1 La Folie (Nanterre)	1 <input type="radio"/>	4
2 Nanterre	2 <input type="radio"/>	
3 Rueil-Malmaison	3 <input checked="" type="radio"/>	
4 Chatou-Croissy	4 <input type="radio"/>	
5 Le Vesinet	5 <input type="radio"/>	
6 Le Pecq	6 <input type="radio"/>	
7 Saint Germain en Laye	7 <input type="radio"/>	

Source : Archives de l'IAURP (conservées aux Archives régionales d'Île-de-France)

Fig 6.9 – Enquête réalisée lors du prolongement Ouest du RER A (1972)

Dès le début des années 1970, les premières études de suivi sont réalisées autour du prolongement Ouest de la ligne A du RER, elles commencent à interroger les effets d’une modification de l’offre de transport sur les pratiques modales. Des enquêtes sont menées avant et après la mise en service, intitulées « Enquête Avant » et « Enquête Après » et certaines questions se réfèrent explicitement à l’effet de l’infrastructure sur les choix des individus : « le futur R.E.R. de St Germain a-t-il joué un rôle dans le choix du domicile ? » (cf. Figure 6.9). Au début des années 1980 les études de suivi se développent pour réfléchir aux effets de la mise en service de nouvelles infrastructures de transport sur l’usage du sol et sur les pratiques de mobilité (Offner *et al.* 1982, Andan *et al.* 1984, Plassard 1982, Offner *et al.* 1985).

À cette époque, plusieurs facteurs agissent dans le sens d’une remise en cause du tout-voiture promu par les services ministériels et porté par le corps des Ponts et Chaussées, en particulier les deux chocs pétroliers et l’essor de l’écologie politique. La question du report modal émerge alors jusqu’à devenir une injonction récurrente dans les études, les documents législatifs et réglementaires ainsi que les documents de planification. La diminution du trafic automobile au profit des modes doux et des transports collectifs devient objet de législation avec la Loi d’orientation des transports intérieurs (LOTI) de 1982 et cet objectif est véhiculé en particulier par la figure du Plan de Déplacements Urbains (PDU, voir Lassave 1987, Offner 2006b).

Pour agir sur le report modal et évaluer les résultats de cette action, il y a deux préalables nécessaires qui touchent à la quantification, il faut être capable (1) de quantifier l’utilisation des différents modes de transport à un instant donné et (2) de quantifier l’évolution de cette utilisation. J.-M. Offner a souligné à plusieurs reprises les décalages entre l’objectif du dispositif PDU énoncé par la loi, la conception-mise en œuvre locale d’un PDU et la mesure mobilisée dans l’observation-suivi du PDU. La LOTI (Loi 82-1153 du 30 décembre 1982 d’orientation des transports intérieurs) fixe comme objectif au PDU « une utilisation plus rationnelle de la voiture » (Art.28). La LAURE (Loi 96-1236 du 30 décembre 1996 sur l’air et l’utilisation rationnelle de l’énergie) reformule cet objectif : le PDU doit agir pour la « diminution du trafic automobile et [le] développement des modes économes et moins polluants notamment bicyclette et marche à pied. » Même si la LAURE précise l’objectif très vague fixé par la LOTI, celui-ci reste imprécis puisque rien n’est dit quant à sa mesure, c’est le constat dressé par Offner : « “Diminution du trafic automobile”. Par son imprécision, l’énoncé formel de l’objectif prioritaire des PDU a autorisé toutes les interprétations. Parmi les PDU qui se sont donnés la peine de le quantifier, presque tous ont penché du côté de la relativité, explicitant des objectifs en termes d’évolution du partage modal. On comprend bien que ces réductions relatives de quelques pour cent se traduiront par un accroissement absolu des flux automobiles, dès lors qu’augmenteront la mobilité (nombre de déplacements par jour et par personne), la population et les distances parcourues. »

Ces remarques amènent trois questions. (1) Sur quelles mesures s’appuyer pour constater l’évolution du trafic automobile ? (2) Comment attribuer aux actions du PDU la

diminution constatée? (3) Suffit-il de constater une évolution à un niveau agrégé sans comprendre les mécanismes de cette évolution à un niveau individuel? Cette section s'intéresse à la question (1) et à la question (3) qui interrogent directement la quantification des pratiques de mobilité. La question (2) est plus vaste, elle interroge la possibilité d'isoler l'effet produit par une infrastructure sur les comportements de mobilité (Bloy *et al.* 1977, Bonnafous *et al.* 1981, Offner *et al.* 1985, Offner 1993b). Cette question renvoie plus à un mode de raisonnement qu'à une stricte question de quantification, elle est esquissée dans la troisième partie de la thèse (cf. Section 7.1.4).

6.2.2 Le mode de transport, entre pratiques individuelles et parts de marché

Cette section met en évidence le décalage qui peut survenir entre un discours et la mesure sur laquelle il s'appuie. Dans le cas des PDU cité précédemment, le discours est l'énoncé de l'objectif (diminution du trafic automobile) et la mesure est la répartition modale. Dans le cas des rapports d'enquêtes et de certains travaux de recherches, les mesures sont plus nombreuses et le discours plus complexe. Deux types de discours sont distingués par la suite, le « discours PDU » et le « discours études-recherches ». Les lignes qui suivent décrivent les principales mesures de l'utilisation des modes de transport puis les confrontent à ces deux types de discours. Les décalages entre mesure et discours sont mis en évidence, ce qui donne lieu à une proposition de mesures alternatives et à une réflexion sur la congruence mesure-discours.

La mesure dominante de l'utilisation des modes de transport est la « répartition modale » ou « partage modal », qui est le pourcentage de déplacements réalisés avec chaque mode de transport divisé par le total de déplacements réalisés. Cette mesure est utilisée dès les premières enquêtes, par exemple celle de Rennes ou de Mulhouse (SERC, BRC de Rennes 1964, SERC 1967) et, quand il s'agit de comparer la mobilité dans différentes villes, la répartition modale occupe la première place dans l'analyse des modes de transport (Abeille *et al.* 1971).

La répartition modale est très souvent complétée par l'effectif de déplacements réalisés avec chaque mode de transport ainsi que d'une mesure de la « mobilité » qui est le rapport entre le nombre de déplacements réalisés avec chaque mode de transport et le nombre total d'individus. Cette mesure est elle aussi utilisée dès les premières enquêtes des années 1960. Le Tableau 6.1 montre les résultats obtenus sur l'EMD de Bordeaux (1998 et 2009) pour ces trois mesures principales de l'utilisation des modes de transport. Dans le cadre d'un discours sur la diminution du trafic automobile, objectif des PDU énoncé par la loi, la répartition modale est une mesure inadaptée à cause de son caractère relatif. En effet, l'évolution de la répartition modale peut masquer des évolutions bien différentes en valeur absolue. À Bordeaux par exemple, la part du véhicule particulier a diminué de 4 % entre 1998 et 2009, diminution relative qui se traduit par une augmentation de 135 000 déplacements en VP, en partie parce que la population a augmenté entre ces deux dates.

		Nombre de déplacements	Répartition modale (%)	Mobilité (Dépl. / Individu)
Non motorisé	1998	640 800	22,4	0,80
	2009	784 090	24,2	0,89
Transport collectif	1998	224 280	7,8	0,28
	2009	299 540	9,2	0,34
Véhicule particulier	1998	1 970 460	68,9	2,46
	2009	2 105 590	64,9	2,39
Autre	1998	24 030	0,8	0,03
	2009	52 860	1,6	0,06
Réalisation : H. Commenges, UMR Géographie-cités, 2013 - Source : EMD de Bordeaux, 1998-2009				

Tab 6.1 – Évolution de la répartition modale à Bordeaux (1998-2009)

La « mobilité » entendue comme le nombre de déplacements réalisés par mode rapporté au nombre d'individus est, à première vue, une mesure plus adaptée au discours du PDU que la répartition modale en pourcentage car elle a l'apparence d'une mesure absolue. En fait, la différence entre mobilité et répartition modale est mineure du fait que le nombre moyen de déplacements réalisés par individus reste quasiment constant au cours du temps, autour de 3,6 déplacements quotidiens par individu. La mobilité est donc une part rapportée à un total presque fixe, c'est donc une mesure qui se rapporte aux déplacements dans une approche relative. En somme la mobilité n'est rien d'autre qu'une répartition modale rapportée à l'individu.

Dès les premières EMD jusqu'à aujourd'hui ([CERTU 2004](#)), la répartition modale et « la mobilité » sont donc accompagnées des effectifs de déplacements pour chaque mode (cf. [Tableau 6.1](#)), ce qui permet de constater des évolutions en valeur absolue. Cette mesure est rarement utilisée par les PDU mais très souvent dans les rapports d'enquête et dans les travaux de recherche. Ce « discours études-recherches » n'est donc pas affecté par le décalage signalé par J.-M. Offner par rapport aux PDU.

Le discours des études et des recherches est cependant affecté par un autre type de décalage avec les mesures sur lesquelles il s'appuie. L'exemple de l'évolution des pratiques modales des femmes illustre bien ce décalage. Depuis la fin des années 1970, de nombreuses recherches se sont intéressées aux inégalités de genre en termes de mobilité, en particulier en termes de distance parcourue et d'utilisation du véhicule privé, avec l'idée que ces deux variables renseignent sur l'inégal partage des tâches (sphère professionnelle et sphère domestique) et l'inégal accès au marché de l'emploi ([Coutras et Fagnani 1979](#), [Hanson et Johnston 1985](#), [Coutras 1987](#), [Hanson et Pratt 1988](#), [Coutras 1997](#), [Vandersmissen et al. 2001](#), [Cattan 2008](#)). Le problème de mesure esquissé dans cette section apparaît clairement dans les travaux qui concernent les pratiques modales. Les citations suivantes sont extraites de [Coutras \(1997\)](#) et de [Vandersmissen et al. \(2001\)](#), mais on pourrait facilement multiplier les exemples :

« À Montréal, les femmes actives sont moins souvent conductrices que les hommes actifs et utilisent nettement plus les transports publics »

« Les femmes utilisent deux fois moins souvent l'autobus en 1996 qu'en 1977, mais elles l'utilisent presque deux fois plus souvent que les hommes »

« Elles [les femmes actives] ont acquis une utilisation de plus en plus grande de la voiture, au détriment de tous les autres modes de transport »

Tous ces constats s'appuient sur les trois mesures classiques : la répartition modale des déplacements en valeur absolue et en valeur relative ainsi que la « mobilité ». En quoi ces mesures permettent-elles d'affirmer que les femmes sont « plus souvent » ou « moins souvent » utilisatrices de tel mode de transport, qu'est-ce qu'une « utilisation de plus en plus grande » ?

Le décalage principal, qui est détaillé par la suite, est que le discours porte sur des individus alors que les mesures portent sur des déplacements, ce qui renvoie au constat fait dans la Section 4.1.2 que les individus sont souvent considérés comme des *réceptacles de déplacements*. Tout ce que ces trois mesures permettent de dire est que de plus en plus (en absolu ou en relatif) de déplacements en véhicule particulier sont réalisés par des femmes (ou des femmes actives dans certaines propositions citées), constat qui s'applique uniquement aux déplacements et non aux individus.

Je propose ici deux mesures alternatives plus adaptées à un discours sur les pratiques individuelles et leur évolution (cf. Figure 6.11) puis je confronte ces nouvelles mesures aux mesures traditionnelles à travers l'exemple de la mobilité des femmes actives. La première mesure s'intitule *répartition modale individuelle*, il s'agit d'une répartition modale calculée au niveau de l'individu. Le calcul est réalisé à partir de l'objet étape pour éviter la perte d'information due à la règle d'assignation du mode principal mentionnée dans la Section 6.1.1. Pour chaque individu, un jeu de variables binaires est calculé indiquant s'il utilise chacun des modes de transport, soit trois variables dans cet exemple : non motorisé (NM), transport collectif (TC), véhicule particulier (VP). L'effectif et le pourcentage sont ensuite calculés sur ces trois variables et donnent une répartition modale individuelle : l'« effectif multimodal » est supérieur à la population considérée et la somme des proportions est supérieure à 100 % puisqu'un même individu peut être usager de plusieurs modes de transport. Cette mesure est directement interprétable au niveau individuel et non au niveau du déplacement comme les mesures classiques. Dans l'exemple de la Figure 6.10 on dira ainsi que, sur cette population de 2 individus, 100 % des individus utilisent le mode non motorisé, 50 % utilisent les transport collectifs et 50 % utilisent le véhicule particulier. À partir de l'EGT, on dira : « en 2001, 33 % des Franciliens utilisent les transports collectifs » plutôt que « en 2001, 19 % des déplacements réalisés par les Franciliens se font en transports collectifs. » En effet, la répartition modale classique ne dit pas si ces 19 % sont le fait d'une minorité d'individus qui font de nombreux déplacements en TC ou s'ils sont le fait de nombreux individus qui font seulement un déplacement en TC.

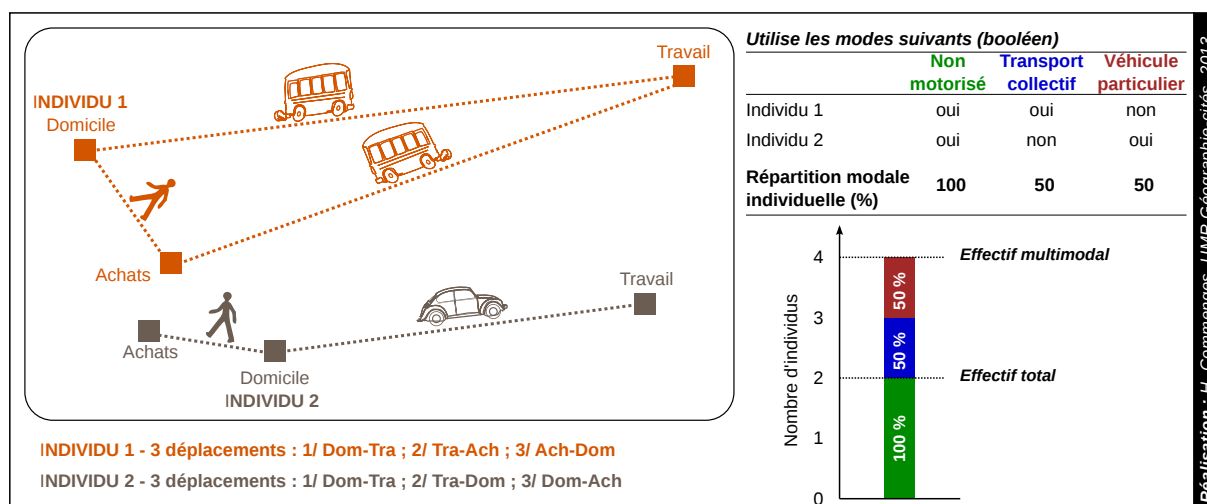


Fig 6.10 – Calcul de la répartition modale individuelle

La seconde mesure s'intitule *taux spécifique de mobilité* : elle reprend celle de la « mobilité » mais, au lieu de rapporter les déplacements à l'ensemble de la population, elle les rapporte à la population qui réalise des déplacements avec les modes de transport concernés. Un détour par la démographie permet de préciser la mesure proposée, par l'intermédiaire de la distinction entre taux brut et taux spécifique. Un taux brut rapporte une caractéristique ou un phénomène à l'ensemble de la population alors qu'un taux spécifique rapporte cette caractéristique à la sous-population concernée. Le taux de fécondité par exemple est le rapport du nombre de naissances sur le nombre de femmes en âge de procréer. La « mobilité » telle qu'utilisée depuis les années 1960 est un taux brut, c'est le rapport entre un phénomène qui concerne une sous-population particulière (les utilisateurs du VP par exemple) et l'ensemble de la population. Ce serait l'équivalent de calculer un taux de fécondité non pas en référence aux femmes en âge de procréer mais à l'ensemble de la population. Le taux spécifique est plus précis : pour le mode VP par exemple, il rapporte le nombre de déplacements réalisés en VP à la population qui utilise effectivement ce mode de transport.

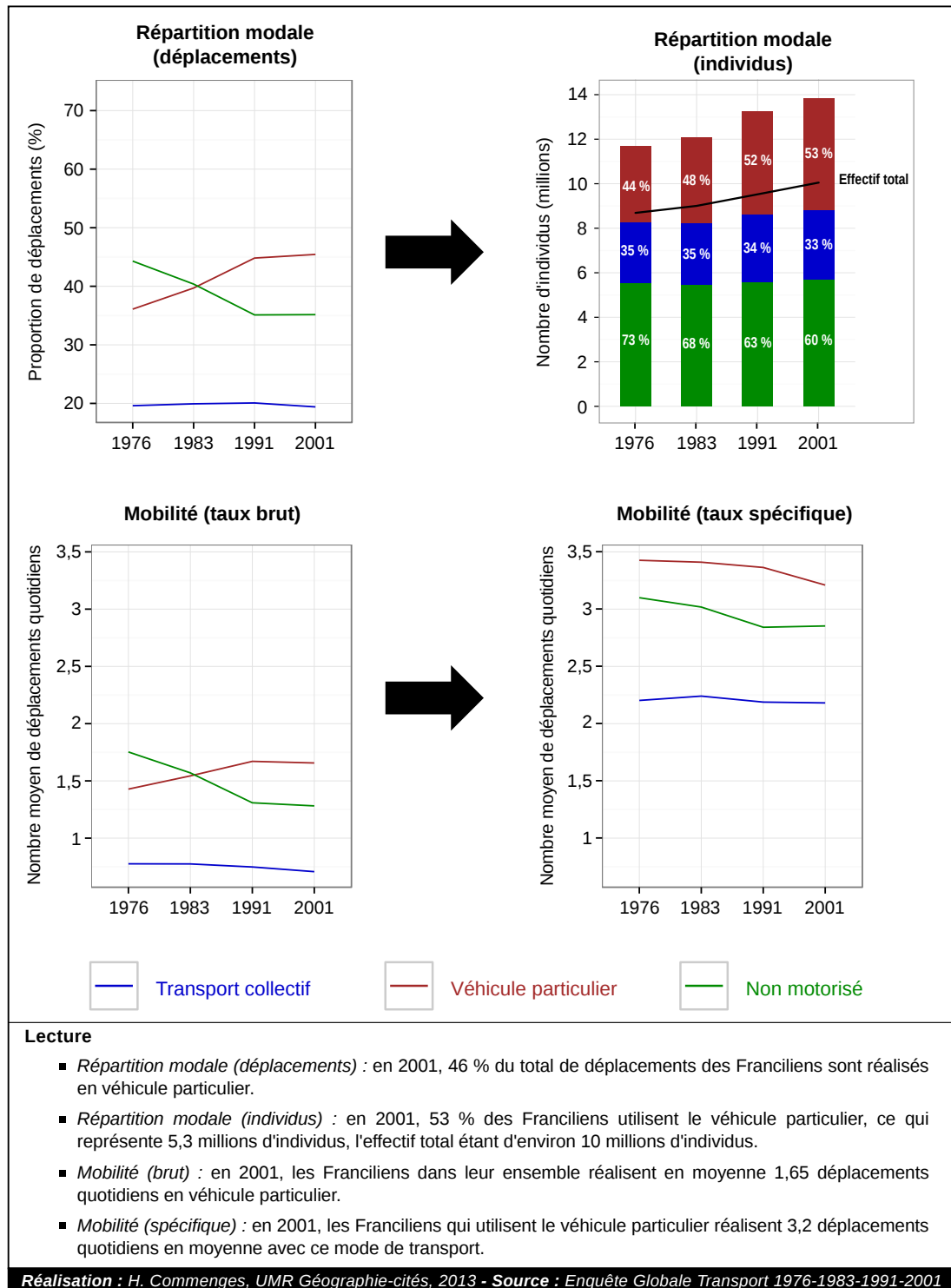


Fig 6.11 – Comparaison des mesures d'utilisation des modes de transport

Les deux mesures proposées, *répartition multimodale individuelle* et *taux spécifique de mobilité*, donnent une image bien plus précise des évolutions des pratiques modales au niveau des individus. En effet, l'augmentation du nombre de déplacements en VP réalisés par les femmes actives peut traduire trois types d'évolutions au niveau des individus que les mesures classiques, déplacements-centrées, ne permettent pas de saisir :

- *Effet de structure* : l'augmentation du nombre de femmes actives.
- *Élasticité de l'usage* : l'augmentation, au sein de cette catégorie de population, du nombre d'individus qui utilisent le véhicule privé.
- *Élasticité de l'intensité d'usage* : l'augmentation, parmi les individus qui utilisent le VP, du nombre de déplacements réalisés avec ce mode de transport.

Ces trois effets peuvent se renforcer ou se compenser. La Figure 6.12 montre comment ces trois effets peuvent se combiner et illustre l'intérêt des deux mesures proposées pour les appréhender. Cette figure est composée de 12 graphiques, 4 mesures appliquées à 3 catégories de population : deux mesures classiques suivies des deux mesures proposées dans cette section (*répartition modale individuelle* et *taux spécifique de mobilité*) ; trois catégories de population affectées par des changements de grande ampleur entre 1976 et 2001 en Île-de-France, les femmes actives, les ouvriers (hommes et femmes) et les retraités (hommes et femmes).

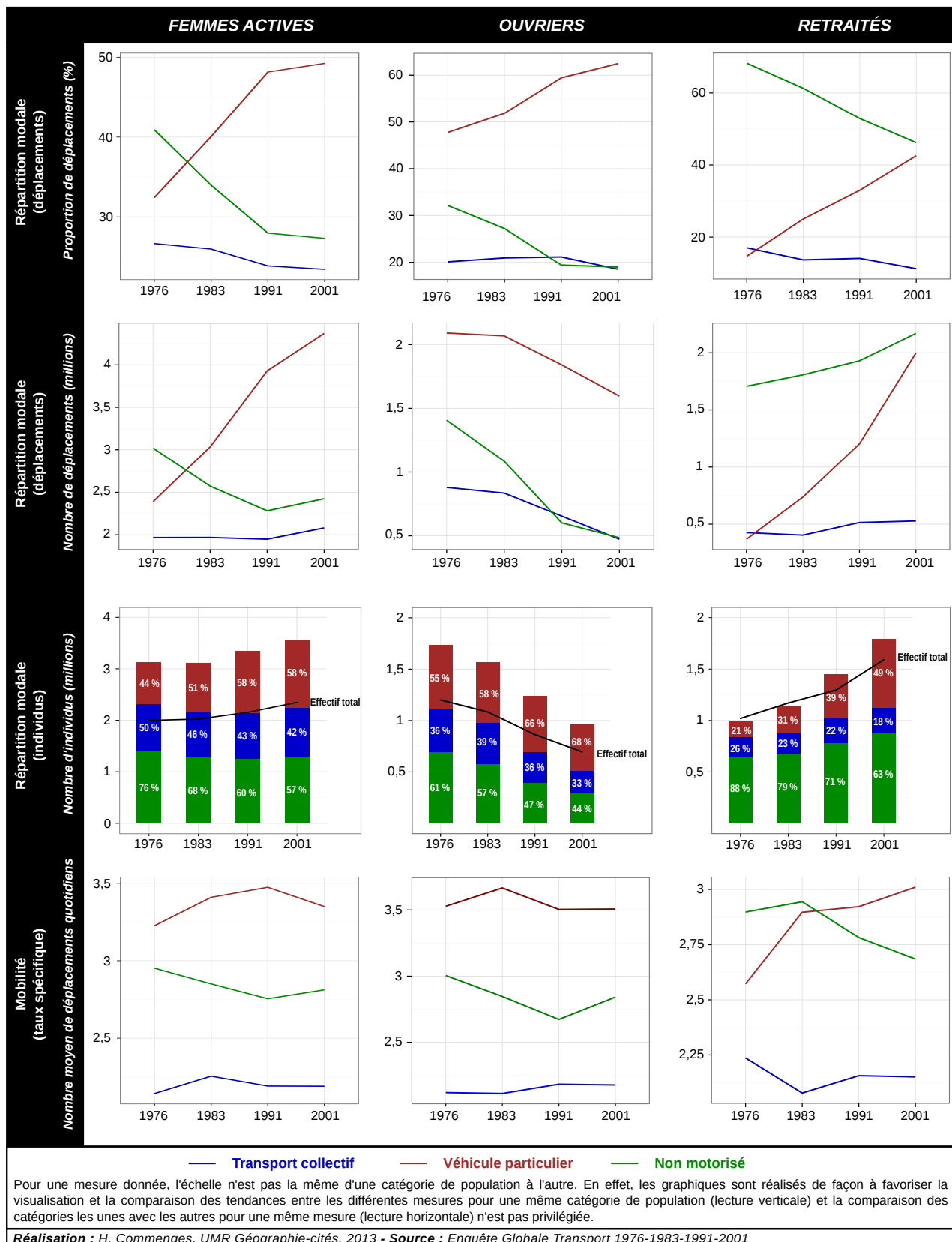


Fig 6.12 – Évolution des pratiques modales des femmes actives, des ouvriers et des retraités en Île-de-France (1976-2001)

La répartition modale classique, exprimée en proportion du total de déplacements, montre une évolution semblable pour les trois catégories de population : la part modale du véhicule privé augmente fortement, la part des déplacements non motorisés décroît fortement et la part du TC diminue légèrement. Cette similarité des évolutions en termes de déplacements et en termes relatifs masque des évolutions divergentes en termes absolus que les deux mesures proposées permettent d'appréhender.

Trois combinaisons sont détaillées selon le sens, positif ou négatif, des trois effets mentionnés précédemment : effet de structure, élasticité de l'usage, élasticité de l'intensité d'usage.

- Évolution $+$ $+$ $+$: l'exemple du VP chez les femmes actives. Pour les femmes actives, l'augmentation de la part modale du VP se traduit par une augmentation du nombre de déplacements réalisés avec ce mode de transport. Cette augmentation est le résultat de la combinaison des trois effets mentionnés qui *se renforcent* : (1) le nombre de Franciliennes actives augmente d'environ 350 000 individus, passant de 2 à 2,35 millions d'individus entre 1976 et 2001 (répartition modale individuelle) ; (2) l'usage du VP augmente au sein de cette catégorie, en 1976 44 % des femmes actives utilisent le VP contre 58 % en 2001 (répartition modale individuelle) ; (3) l'intensité d'usage augmente légèrement, en 1976 les femmes actives usagères du VP réalisaient en moyenne 3,2 déplacements quotidiens avec ce mode contre 3,4 en 2001 (taux spécifique de mobilité). Chez les retraités la même évolution est constatée concernant le mode VP.
- Évolution $+$ $-$ $-$: l'exemple des déplacements non motorisés (NM) chez les retraités. Pour les retraités, la diminution de la part modale du mode NM se traduit par une augmentation en valeur absolue du nombre de déplacements réalisés avec ce mode. Cette augmentation est le résultat de la combinaison des trois effets mentionnés qui *se compensent* : (1) le nombre de retraités augmente de presque 600 000 individus, passant de 1 à près d'1,6 millions d'individus entre 1976 et 2001 (répartition modale individuelle) ; (2) l'usage du mode NM diminue au sein de cette catégorie, en 1976 88 % des retraités réalisent des déplacements non motorisés contre 63 % en 2001 (répartition modale individuelle) ; (3) l'intensité d'usage diminue également, en 1976 les retraités faisant des déplacements non motorisés réalisaient en moyenne 2,9 déplacements quotidiens avec ce mode contre 2,7 en 2001 (taux de mobilité spécifique).
- Évolution $-$ $-$ $-$: l'exemple des déplacements non motorisés (NM) chez les ouvriers. Pour les ouvriers, la diminution de la part modale du mode NM se traduit par une forte chute en valeur absolue du nombre de déplacements réalisés avec ce mode. Cette diminution est le résultat de la combinaison des trois effets mentionnés qui *se renforcent* : (1) le nombre d'ouvriers baisse de presque 500 000 individus, passant de 1,2 millions à 700 000 individus entre 1976 et 2001 (répartition modale individuelle) ;

(2) l'usage du mode NM diminue au sein de cette catégorie, en 1976 61 % des ouvriers réalisent des déplacements non motorisés contre 44 % en 2001 (répartition modale individuelle) ; (3) l'intensité d'usage diminue également, en 1976 les ouvriers faisant des déplacements non motorisés réalisaient en moyenne 3 déplacements quotidiens avec ce mode contre 2,8 en 2001 (taux spécifique de mobilité).

D'autres analyses peuvent être tirées de la Figure 6.12 montrant différentes combinaisons des trois effets de structure, d'usage et d'intensité d'usage. Ces exemples amènent à une conclusion simple sur la congruence entre discours et mesure : il n'y a pas de discours possible sur les pratiques individuelles à partir des seules mesures déplacement-centrées. Cette conclusion met également en évidence une caractéristique fondamentale de toute mesure, une mesure n'est intrinsèquement ni bonne ni mauvaise, elle est seulement adaptée ou inadaptée vis-à-vis du discours qui la prend pour assise. La répartition modale n'est pas une mauvaise mesure, c'est une mesure utile pour certains objectifs, mais qui est recyclée dans d'autres discours pour lesquelles elle est inadaptée.

Ce constat renvoie au fil rouge de cette thèse : la répartition modale, en valeur absolue ou relative, a été conçue pour répondre à certaines questions, puis cette mesure a circulé entre différentes communautés et servi différents discours. Jean-Marie Guidez évoque très clairement ce jeu entre le discours et la mesure :

« Je me souviens, à une époque, juste avant les années 80 ... un indicateur sur les EMD qui marchait bien, c'était le discours en termes de parts de marché ; les gens appelaient cela "répartition modale". On s'était battu à l'époque pour changer de terme car même si c'est un peu la même chose, "répartition modale" était plutôt le mot des ingénieurs et "part de marché" celui des groupes de réseaux de TC, des gens du marketing, etc. Et on s'est dit : tant qu'à faire accepter les EMD, autant prendre les termes de ceux qui vont s'en servir ... les parts de marché [...] le CERTU s'est beaucoup fait engueulé là-dessus en disant les parts de marché, c'est réducteur, etc. À une époque, on a habillé les EMD pour qu'elles survivent et la part de marché a accroché les élus. »

Entretien avec Jean-Marie Guidez, produit par Benoît Facq (2006, p.83).

Ni le glissement de la répartition modale aux parts de marché, ni l'utilisation d'une telle mesure dans le domaine de la planification des transports ne sont surprenantes. « Répartition modale » est le terme de l'ingénierie du transport, il renvoie aux objectifs originels de ce champ, à savoir estimer des quantités qui circulent sur des infrastructures de transport. Cette quantité est constituée de déplacements agrégés et désignée sous les termes de « demande », « trafic », « flux », « courant ». Il s'agit d'un cadre conceptuel économiste, mais pas encore commercial, pour lequel l'individu ne représente pas un niveau d'analyse pertinent. Parler d'offre et de demande, en somme d'un *marché* des déplacements prépare le terrain à une gestion commerciale des transports. Ainsi, à partir des années 1980, le cadre conceptuel des utilisateurs des EMD est à la fois économiste et

commercial, mais ce qui importe reste la quantité de déplacements plus que les individus. En somme, dans une approche par la répartition modale ou par les parts de marché, les pratiques individuelles importent peu et il n'est pas crucial⁶⁵ de distinguer les trois effets mentionnés précédemment (effet de structure, élasticité de l'usage et élasticité de l'intensité d'usage) : pour un agrégat de déplacements donné, il importe peu de savoir s'il est le résultat d'un nombre réduit d'individus réalisant beaucoup de déplacements, ou s'il est le résultat d'un grand nombre d'individus réalisant peu de déplacements.

Le décalage notable se trouve dans l'utilisation de ces mesures dans des études et des recherches qui positionnent leur discours au niveau des individus. Ce décalage renvoie à l'existence d'une matrice constituée à la fois de dispositifs techniques et de concepts (Commenges 2013b). La co-construction dispositifs-concepts a de lourdes implications sur la circulation des contenus : lorsqu'un dispositif de quantification tel que l'EMD circule d'une communauté à une autre, il ne circule pas dépouillé des concepts avec lesquels il a été co-construit. C'est ce qui explique que les travaux de recherche qui ont critiqué l'approche dominante déplacement-centrée et/ou qui ont adopté une approche alternative se soient appuyés sur des dispositifs d'enquête *ad hoc*, par exemple Haumont *et al.* (1977), Juan (1997) ou Kaufmann (1998).

6.2.3 Le report modal comme trajectoire individuelle

Dispositifs longitudinaux, une adoption tardive

« Idéalement, l'étude des logiques sous-jacentes aux pratiques modales devrait faire l'objet d'enquêtes longitudinales » (Kaufmann 1998, p.94). Cette section vise à préciser le contenu de cette affirmation et à justifier sa pertinence à partir de l'exploitation de l'enquête de Seattle, souvent prise comme modèle d'enquête panel. En effet, le discours sur le report modal qui s'appuie sur des enquêtes transversales se prête à une grave erreur méthodologique documentée depuis les années 1960 dans le domaine des transports. L'extrait de l'entretien réalisé avec Georges Mercadal en donne une illustration limpide :

« En 1965, beaucoup de Parisiens ont une maison de vacances le long de l'axe Paris-Rouen [...] Supposons que vous ayez une maison de campagne, la maison de vos parents, à dix kilomètres d'une gare, et que vous y allez assez souvent. Quand vous y allez vous téléphonez et votre mère se fait un plaisir de venir vous chercher à la gare. Moi j'ai ma maison loin de tout, parce que je n'avais pas de famille là-bas. Y aller en train avec les valises et les enfants c'est impossible, donc pour moi c'est la voiture. On met un péage sur l'autoroute, j'y vais moins. Vous le train coûte toujours pareil, vous y allez autant. Je dirais même plus, on fait une amélioration sur le train, il va plus vite. Vous y allez plus souvent. Donc moi j'ai baissé ma fréquence

65. Sauf dans des cas particuliers liés à la tarification, dont l'exemple est donné dans la section suivante (Section 6.2.3).

et vous vous l'avez augmentée. Supposons qu'il y ait beaucoup de gens comme vous et beaucoup de gens comme moi, et regardons le modèle agrégé : on voit apparaître de moins en moins de gens qui prennent l'autoroute, on voit apparaître de plus en plus de gens qui prennent le train. On dit "Splendide ! Péage d'un côté, amélioration du train de l'autre, résultat on a déplacé des gens de l'auto vers le train". On n'a rien déplacé du tout [...] En agrégé des élasticités de fréquence peuvent apparaître comme des élasticités par rapport au mode. »

Entretien avec Georges Mercadal, 2 mai 2011

L'erreur mentionnée par Mercadal s'apparente à l'erreur écologique largement documentée depuis [Robinson \(1950\)](#). Cet article fondateur donne une « réponse définitive » à la question de savoir si une corrélation constatée à un niveau écologique [i.e. agrégé] peut substituer une corrélation constatée à un niveau individuel [i.e. désagrégé]. Robinson remet en cause la validité d'un grand nombre d'études réalisées à son époque en pointant le décalage entre le niveau de la mesure (niveau écologique ou agrégé) et le niveau de l'interprétation (niveau individuel ou désagrégé).

L'erreur décrite par Mercadal doit être considérée comme un sous-type d'erreur écologique, elle renvoie au même décalage de niveaux, mais elle s'applique plus précisément à l'étude d'une évolution et présente en cela certaines particularités. Cette « erreur écologique dans un cadre longitudinal » met en évidence l'existence d'un lien entre le niveau de mesure (agrégé ou individuel) et le type de dispositif d'enquête (transversal ou longitudinal).

Histoire des dispositifs de quantification longitudinaux

Trois grands types de dispositifs peuvent être distingués ([Taris 2000](#)) :

- les *dispositifs d'intervention* qui mesurent la réaction (*response*) des individus à un traitement et procèdent en général à deux vagues de mesures, avant et après traitement ;
- les *dispositifs panels* qui suivent un groupe d'individus et procèdent en général à des vagues de mesure plus nombreuses ;
- les *dispositifs rétrospectifs* qui ne comportent qu'une seule vague et posent des questions rétrospectives sur un laps de temps passé. Le dispositif d'enquête n'est pas longitudinal, mais il produit indubitablement des données longitudinales (cf. Section [4.2.1](#)).

Historiquement, la naissance des dispositifs longitudinaux est liée au développement de la médecine moderne. L'histoire des dispositifs d'intervention débute en 1753, avec la publication du *Traité du scorbut* par James Lind, médecin dans la marine britannique. Ce dernier réalise une expérience, considérée comme le premier essai clinique contrôlé, sur des marins atteints du scorbut avec un groupe traité au jus de citron et un groupe de contrôle, qui ne reçoit aucun traitement ([Martini 2005](#)). La mise en place d'une méthodologie systématique pour les études cliniques est liée au développement de la statistique entre la fin du XIX^e et le début du XX^e siècle ([Desrosières 1993](#)). Les dispositifs d'intervention se répandent alors dans tous les domaines de la médecine et de la psychologie ([Campbell et Stanley 1963](#)). Dans le domaine des études cliniques, les enquêtes rétrospectives et les enquêtes dites « prospectives », qui sont un type d'enquête panel, datent des années 1930 ([Doll 2001a;b](#)),

Ces dispositifs de quantification et les méthodes statistiques qui y sont associées se diffusent du champ réduit des essais cliniques aux études plus globales sur la santé et la démographie. À la fin des années 1960, plusieurs panels démographiques se mettent en place : *Panel Study of Income Dynamics* aux États-Unis, *Longitudinal Study* au Royaume-Uni, Échantillon Démographique Permanent en France ([Duncan et al. 1987](#), [Couet 2006](#)). En France, les dispositifs rétrospectifs seront très utilisés, en particulier par l'INED, dès les années 1960 puis dans le cadre de l'analyse des biographies ([Courgeau 1989](#)).

Les dispositifs longitudinaux occupent également une place importante dans les études économiques sur la consommation. L'origine du terme « panel » est ainsi attribuée à [Lazarsfeld et Fiske \(1938\)](#) dans un travail qui quantifie l'effet des publicités à la radio sur les comportements d'achat. Les auteurs concluent sur l'intérêt du panel comme instrument de quantification de l'opinion, et affirment que c'est le dispositif le plus pertinent pour saisir les effets de la publicité sur les comportements. Le panel occupe depuis lors une place importante dans la boîte à outils des études de marché.

Ce bref historique retrace la naissance des dispositifs de quantification longitudinaux dans trois domaines distincts : la médecine, la démographie et les études de marché. Il met en évidence le décalage temporel important entre l'origine ancienne de ces dispositifs et leur application récente dans le domaine de la mobilité et des transport.

De l'origine de l'ingénierie du trafic dans les années 1940-1950 jusqu'au début des années 1980, la quasi-totalité des dispositifs de quantification sont des dispositifs transversaux qui renvoient une photographie de la situation à un moment donné. Même les enquêtes « avant-après » (cf. Figure 6.9), qui ont pour objectif de repérer des changements de comportement dus à des modifications des réseaux de transport, restent des enquêtes transversales. L'absence de dispositifs longitudinaux dans le domaine de la mobilité et des transports et sa modeste mais relativement subite apparition dans les années 1980 posent question. La recension réalisée par [Raimond et Hensher \(1997\)](#) retrace clairement l'émergence de ce type de dispositif : à York dès 1981 (*South Yorkshire Panel Survey*), à Londres en 1982 (*London Regional Transport Panel*), au Pays-Bas en 1984 (*Dutch National Mobility Panel*), à San Diego en 1988 (*San Diego I-15 Carpool Lanes Project*), à Seattle en 1989 (*Puget Sound Transportation Panel Survey*). En France, deux enquêtes longitudinales sont réalisées à cette époque : à Lyon en 1979 ([Plassard 1982](#)), à Paris et Marne-la-Vallée en 1982 ([Andan et al. 1984](#)).

Pourquoi le transfert méthodologique dans le domaine de la mobilité et des transports a-t-il lieu dans les années 1980 ? [Paaswell \(1997\)](#) apporte une première réponse à cette question : l'enquête panel sert à quantifier la réaction (*response*) à une modification du réseau de transport (*stimulus*). Ce dispositif s'insère logiquement après le développement des modèles désagrégés (début des années 1970) puis des modèles de comportement (*behavioural travel modelling*) qui constituent une sophistication des modèles désagrégés de première génération ([Hensher et Stopher 1979](#)). Cette évolution méthodologique doit être rapprochée de la transition usager-client dont J.-M. Guidez fait état dans la section précédente : le passage d'une conception globale d'un système de transport comme agrégation d'*usagers* à une conception axée sur le marketing et la captation de *clients*. Dans le cadre de cette transition, il est logique que les dispositifs de panel, utilisés depuis longtemps dans les études de marché, ait fait son apparition dans le domaine du transport.

Il n'y a donc pas eu de données longitudinales sur la mobilité et les transports jusqu'aux années 1980, ni en France ni dans les autres pays touchés par la diffusion des méthodes de l'ingénierie du trafic⁶⁶. La seule exception retrouvée dans les archives est l'étude Paris-Rouen-Le Havre mentionnée par Georges Mercadal dans l'entretien cité précédemment. Cette étude s'appuie sur une enquête auprès de 2 400 individus qui fait l'inventaire de l'ensemble des voyages réalisés sur une période de 12 mois à une distance supérieure à 50 km ([CREDOC 1967](#), [CERAU 1968](#)). Ce travail fait figure d'exception à plusieurs titres : d'abord elle s'intéresse à la tarification et non à la planification de nouvelles infrastructures, ensuite elle émane du CREDOC-CERAU, organisme spécialisé dans les études de consommation et les méthodes d'économétrie appliquées aux consommateurs, de ce fait elle s'intéresse, avant l'heure, aux comportements individuels plus qu'aux flux agrégés.

66. Cette affirmation demanderait une étude plus approfondie des archives étrangères qui n'a pas pu être réalisée dans le cadre de cette thèse. Cependant, aucune référence antérieure aux années 1980 n'est donnée dans le manuel de référence de [Golob et al. \(1997\)](#).

La variabilité des pratiques individuelles

Quel est l'apport des dispositifs longitudinaux vis-à-vis du dispositif dominant qu'est l'EMD ? Cette question centrale est formulée par Phillip Goodwin (1997b, p.80) de la façon suivante : « what have we learned from panels that we could not have learned from other forms of data ? » Cet auteur propose trois grands blocs de réponses : d'abord, les tendances agrégées qui semblent stables, comme l'augmentation continue de la part modale de la voiture, masquent une grande volatilité au niveau individuel. Ensuite, les modèles statistiques visant à expliquer des évolutions et estimés à partir de données transversales ne sont pas satisfaisants. Enfin, de nombreuses évolutions dans les pratiques de mobilité ne sont pas associées à l'évolution du réseau de transport mais à des facteurs tels que le cycle de vie. L'effet des politiques de transport sur les pratiques, l'intensité et la temporalité de cet effet, ne peuvent être appréhendés qu'à travers des dispositifs longitudinaux.

Les « tendances lourdes » masquent une grande variabilité au niveau individuel : « while the individual man is an insoluble puzzle, in the aggregate he becomes a mathematical certainty » (Arthur Conan Doyle, cité par Sanders 2011). Ce constat fondamental de la statistique prend un sens différent selon le dispositif de quantification mobilisé. Un dispositif transversal rend compte de la variabilité entre les individus pour un caractère observé : il s'agira toujours d'une variabilité inter-individuelle. Un dispositif longitudinal, en revanche, rendra compte de la variabilité inter-individuelle mais également de la variabilité intra-individuelle, c'est-à-dire de la variation du caractère observé dans le temps pour un même individu. Cette particularité du dispositif longitudinal peut dans un premier temps être exploitée, dans une approche simple et descriptive.

Comme l'enquête utilisée est celle de Seattle pour les raisons explicitées dans l'introduction de cette section, l'analyse qui suit prend pour objet une pratique importante dans le contexte américain : le *carpooling*. Bien qu'il n'y ait pas consensus sur les termes utilisés, il est courant de distinguer *carpooling* (parfois appelé *ridesharing*) et *carsharing*. Dans le premier cas, il s'agit d'un particulier qui remplit son propre véhicule avec d'autres personnes (partage du trajet) ; dans le second cas, il s'agit de personnes qui font usage de voitures dont il ne sont pas propriétaires (partage du véhicule). Ces deux termes sont souvent traduits en français par covoiturage (*carpooling*) et autopartage (*carsharing*).

Le *carpooling* n'est pas né dans un contexte récent de prise de conscience écologique mais dans le contexte des restrictions de caoutchouc et de carburant liés aux réquisitions de la Seconde Guerre Mondiale (cf. Figure 6.13). Cette pratique devient objet de recherche à la fin des années 1970 grâce à la création d'une catégorie dédiée dans la *Nationwide Personal Transportation Survey* en 1977, puis dans le recensement de la population en 1980. À partir des années 1980, la pratique de *carpooling* ne cesse de reculer, passant de 20 à 13 % des navettes recueillies par le recensement entre 1980 et 1990 (Ferguson 1997). Ce recul s'accompagne de la montée du véhicule particulier non partagé (*single user vehicle*

ou *single occupancy vehicle*) liée à l'éloignement des populations « blanches » des classes moyennes et aisées (*white flight*) dans les zones périurbaines (Boustan 2010).



Fig 6.13 – Naissance du carpooling aux États-Unis

La question du *carpooling* est examinée dès les premières années de l'enquête de Seattle (PSTPS). Après les deux premières vagues, Murakami et Watterson (1992) constatent un report modal clair et bidirectionnel entre le véhicule particulier seul (*SOV - Single Occupancy Vehicle*) et le covoiturage. Une analyse des *trajectoires modales* après sept vagues de l'enquête confirme cette conclusion.

La Figure 6.14 porte sur le mode de transport principal utilisé pour se rendre au travail. Cette variable qualitative caractérise les individus à chaque vague de l'enquête et peut être considérée comme une séquence ou une trajectoire. Ainsi, un individu qui utilise le véhicule particulier, puis le covoiturage et qui revient au véhicule particulier peut être représenté par une séquence *SOV-Carpool-SOV*. La représentation graphique est l'agrégation de toutes les trajectoires individuelles⁶⁷.

Sur la période 1989-1999, la proportion d'individus utilisant le covoiturage comme mode principal pour se rendre au travail diminue, passant de 13,4 à 10,9 %, alors que la

67. Cette représentation graphique des « trajectoires individuelles agrégées » a été conçue par Pierre Pistre (2012). Elle fait actuellement l'objet d'une implémentation sous forme de *package* du logiciel R.

proportion augmente pour le véhicule individuel, passant de 70,8 à 76 %⁶⁸. Ce résultat agrégé confirme la tendance déjà mentionnée et il aurait également pu être produit par la comparaison de deux enquêtes transversales.

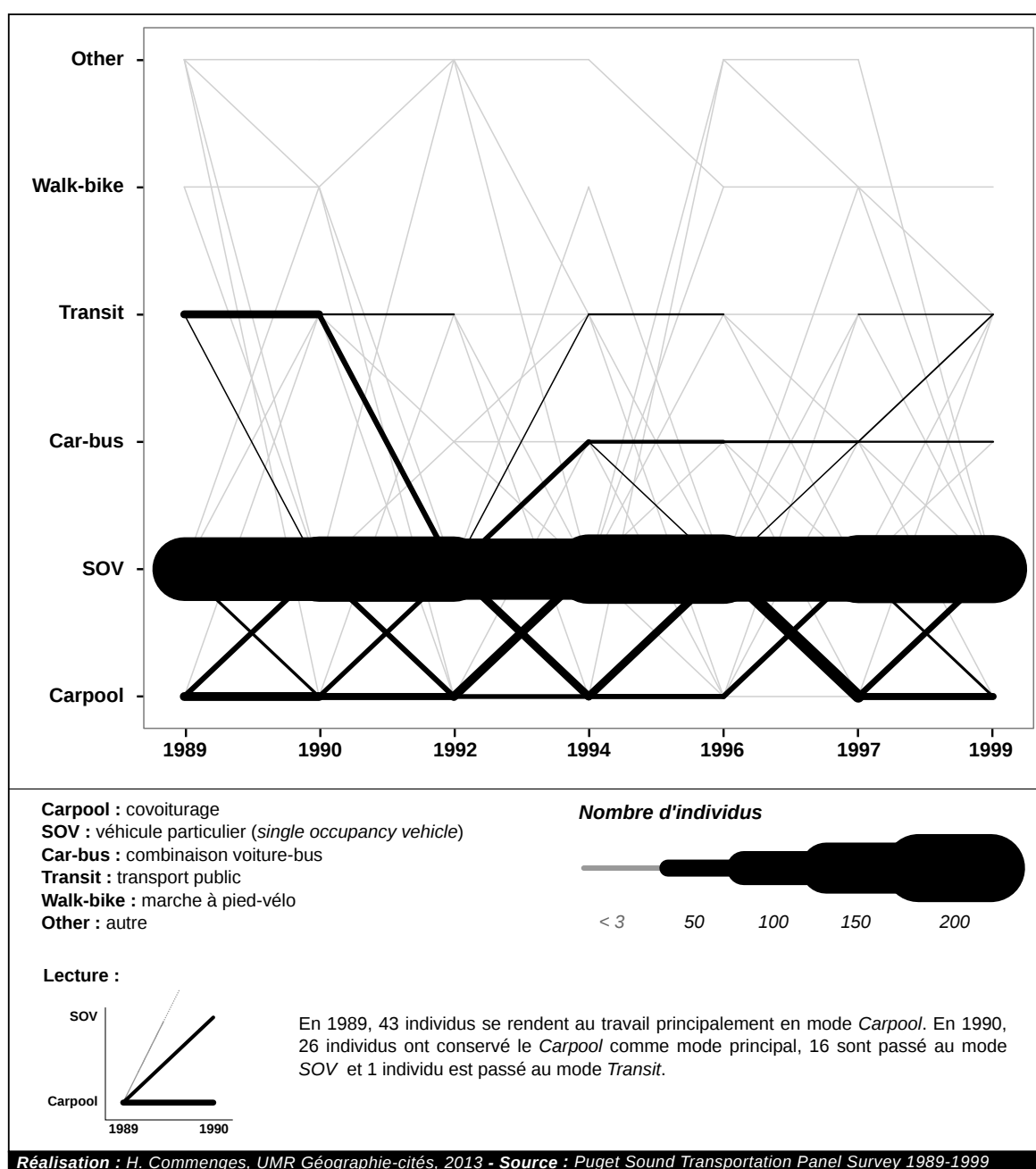


Fig 6.14 – Trajectoires modales individuelles

68. Échantillon de l'enquête PSTSP qui ne conserve que les individus renseignés tout au long de la période (non affectés par l'érosion ou « attrition » du panel) et qui utilisent le véhicule individuel ou le covoiturage à au moins une des dates recueillies, soit au total 286 individus.

Cependant, le panel apporte au moins deux éléments que des enquêtes transversales ne permettraient pas d'appréhender : d'abord, la grande variabilité intra-individuelle des pratiques modales. L'évolution agrégée, la « tendance lourde », est faite d'une multitude de changements opérés par les mêmes individus. Ensuite, l'analyse des trajectoires modales montre un patron très particulier : le passage du véhicule individuel au covoiturage est bi-directionnel et l'intensité de changement est presque similaire dans les deux sens, c'est-à-dire que sur l'ensemble de la période le nombre d'individus étant passé d'une catégorie à l'autre est similaire. La porosité entre les catégories covoiturage et véhicule individuel contraste avec l'étanchéité entre le covoiturage et les autres catégories. Il n'y a par exemple aucun transfert important entre covoiturage et transport public, constat très important dans un cadre opérationnel : la niche de report modal vers le covoiturage se situe chez les utilisateurs du véhicule individuel et non chez les utilisateurs des transports en commun. Ce constat est bien sûr lié à la définition des catégories de la variable mode de transport (cf. Section 6.1.1).

L'analyse visuelle peut être complétée par une mesure séquentielle portant sur la porosité des catégories (cf. Tableau 6.2). La mesure porte sur un échantillon plus important que précédemment, défini comme l'ensemble de l'échantillon non érodé pour lequel les individus sont actifs occupés à au moins une période enquêtée (550 individus). Le *taux de transition modale* est défini comme la probabilité de transition d'un état vers un autre. Pour une transition donnée, par exemple la transition $SOV \Rightarrow Carpool$, c'est le rapport entre le nombre de transitions de ce type et le nombre total de transitions depuis la catégorie SOV .

	SOV	Transit	Car-bus	Carpool	Ferry	Walk-bike	Home	Other
SOV	0.90	0.01	0.01	0.07	0.00	0.00	0.01	0.00
Transit	0.20	0.66	0.07	0.05	0.00	0.01	0.00	0.02
Car-bus	0.14	0.20	0.51	0.13	0.00	0.00	0.01	0.00
Carpool	0.48	0.02	0.02	0.47	0.00	0.00	0.00	0.01
Ferry	0.04	0.00	0.00	0.00	0.96	0.00	0.00	0.00
Walk-bike	0.22	0.04	0.00	0.07	0.00	0.56	0.00	0.11
Home	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.85	0.00
Other	0.28	0.03	0.00	0.06	0.12	0.25	0.00	0.25

Source : Puget Sound Transportation Panel Survey 1989-1999

Lecture : 48 % des transitions à partir du mode *Carpool* se font vers le véhicule individuel (*SOV*).

Tab 6.2 – Taux de transition modale

Le taux de transition entre deux catégories différentes quantifie le report modal observé sur la Figure 6.14 : pour le véhicule individuel, le transfert principal se fait vers le covoiturage ; pour le covoiturage, le transfert principal se fait vers le véhicule individuel.

En se focalisant sur la transition d'une catégorie vers elle-même, on obtient une mesure de sa stabilité. Ainsi, le mode *Ferry* est le plus stable, il s'agit en effet d'un mode sans

alternative pour certains individus résidant sur des îles ou de l'autre côté du détroit. La catégorie la plus turbulente est la catégorie *Other*, ce qui est normal pour une catégorie fourre-tout. La catégorie *Home* (travail à domicile) est très stable. Parmi les catégories restantes, qui sont les plus courantes, le taux de transition modale se situe entre 50 et 60 % (transport public, combinaison voiture-bus, covoiturage, marche à pied et vélo) sauf pour le véhicule individuel qui montre une très grande stabilité avec un taux de transition de 90 %.

Ce résultat simple doit être rapproché des travaux sur la « dépendance automobile » qui se sont multipliés depuis l'ouvrage de Newman et Kenworthy (1989)⁶⁹. Certains auteurs ont établi une relation entre des caractéristiques de l'espace urbain et le phénomène d'automobilisation (Newman et Kenworthy 1989, Newman 1996), d'autres ont développé une réflexion issue de l'économie des réseaux techniques (Dupuy 1999a;b), d'autres encore sont entrés dans cette problématique par des méthodes de simulation (Kitamura *et al.* 1999). Dans ces travaux, l'automobilisation se mesure de façon globale en termes de motorisation (possession de véhicule), en termes d'infrastructures (kilomètres d'infrastructure routières), en termes d'agrégats de distances parcourues ou d'énergie dépensée, mais jamais en termes de pratiques individuelles de mobilité.

Le constat que le véhicule individuel est la catégorie la plus stable au cours du temps, celle qui subit le moins de variations intra-individuelles, n'est pas une simple confirmation (une de plus) de l'existence d'une dépendance à ce mode. C'est en réalité la seule mesure qui permette d'appliquer la notion de dépendance aux pratiques individuelles. Les mesures qui s'appuient sur des dispositifs transversaux ne valident la dépendance qu'à un niveau agrégé. On pourrait imaginer une configuration à forte dépendance automobile au niveau agrégé (croissance de la motorisation, des kilomètres parcourus en véhicule individuel, des kilomètres d'infrastructure routière construits) mais dans lequel les pratiques individuelles seraient très volatiles, les individus changeant constamment de mode de transport au cours du temps. On pourrait également imaginer une configuration à faible dépendance automobile au niveau agrégé (stagnation ou diminution de la motorisation, des kilomètres parcourus en véhicule individuel) mais à forte dépendance automobile au niveau individuel, avec des individus captifs de ce mode au cours du temps. Le dispositif longitudinal est donc le seul dispositif de quantification permettant de valider ou d'infirmer la notion de dépendance au niveau des pratiques individuelles.

Conclusion

Ce chapitre s'est intéressé aux liens entre les mesures calculées à partir des enquêtes ménages déplacements (EMD) et les discours qui s'appuient sur ces mesures. Le *jour ouvrable type* a été examiné en tant que notion dans la première partie de la thèse, sa

69. L'idée de dépendance automobile est clairement évoquée dès le début des années 1970, avec le « monopole radical » d'Ivan Illich (1973) ou « l'idéologie sociale de la bagnole » d'André Gorz (1973).

pertinence est ici testée pour deux types d'analyses : l'estimation d'une moyenne et la caractérisation de patrons de mobilité.

Pour estimer une valeur moyenne, le *design* d'enquête avec recueil d'un seul jour s'avère assez performant, même si la proposition de Pas à la fin des années 1980 reste valable : il serait possible d'améliorer sensiblement la précision des enquêtes pour un coût réduit en introduisant un recueil sur deux jours comme à Seattle ou à Portland. En revanche, pour caractériser des patrons de mobilité, l'EMD et son *jour ouvrable type* ne sont pas très performants. En effet, en suivant une annonce faite par Hanson et Huff, ce chapitre a montré que chaque individu est caractérisable par un jeu de plusieurs patrons représentatifs. Le recueil sur un seul jour ne permet pas de saisir ces *multiple daily patterns*.

Alors que la validité des mesures peut être examinée en elle-même, par des méthodes statistiques, la validité des discours est examinée relativement aux mesures sur lesquelles ils s'appuient. Plusieurs types de décalages sont constatés : décalage entre un discours des PDU qui vise une diminution du trafic automobile et une mesure de cette diminution en termes relatifs ; décalage entre un discours sur les pratiques individuelles et une mesure des déplacements ; décalage enfin entre un discours sur les pratiques des individus et une mesure agrégée et systémique. En traquant ce type de décalages, ce chapitre aboutit à une conclusion très générale : il n'y a pas de jugement de valeur à tenir sur les mesures. Une mesure n'est intrinsèquement ni bonne ni mauvaise, elle est seulement adaptée ou inadaptée vis-à-vis du discours qui la prend pour assise.

D'un point de vue théorique, ce chapitre questionne deux « principes » majeurs de la socio-économie des transports : la constance des budgets temps de transport ou « loi de Zahavi » et la dépendance automobile. Ces deux principes ont en commun d'énoncer un phénomène agrégé qui glisse très facilement vers une interprétation au niveau individuel. Ce glissement de niveau est encouragé par les auteurs eux-mêmes qui raisonnent au niveau individuel, Zahavi (1974) parlant de l'« average tripmaker » ou Dupuy (1999b) de l'« automobiliste ». Le postulat de Zahavi est très souvent mobilisé pour expliquer comment l'augmentation de la vitesse sur les réseaux de transport se traduit non par un gain de temps mais par un allongement des distances. Cette affirmation est certainement valide au niveau agrégé de l'agglomération, mais pas au niveau individuel. De même la dépendance automobile peut être mesurée au niveau agrégé mais non transférée au niveau individuel sans mesure adéquate. Ces deux principes spatialement et temporellement agrégés doivent donc être confrontés à la variabilité intra-individuelle des pratiques dans le court et dans le long terme. En effet, leur assise étant purement empirique, leur validité dépend étroitement des mesures sur lesquelles ils s'appuient.

La comparabilité des EMD dans le temps est l'un des arguments principaux invoqués pour les maintenir en l'état. Cette comparaison porte en grande partie sur l'évolution de l'utilisation des modes de transport, puisque la question du report modal est au centre de l'attention depuis le début des années 1980. Pourquoi s'en tenir à des séries d'enquêtes transversales dans ces conditions, alors que ce dispositif de quantification ne permet de comparer dans le temps que des agrégats de déplacements ? Dans le cadre classique des

EMD, le centre d'intérêt est l'évolution du remplissage des infrastructures et services de transport et non l'évolution des pratiques de mobilité. Il ne s'agit donc pas d'appréhender des *pratiques de mobilité* mais une *demande de transport* enrichie de caractéristiques individuelles. S'intéresser à l'évolution des pratiques de mobilité, c'est reconsidérer leur nature : « travel behavior is a process in continual flux, with a history and a path through time » ([Goodwin 1997b](#), p.80).

Conclusion de la deuxième partie

A partir de l'analyse historique et épistémologique menée dans la première partie de la thèse, la deuxième partie attaque la question de la mise en forme de l'idée *mobilité quotidienne* sous un angle différent. En s'appuyant sur les principaux objets conceptuels des dispositifs de quantification définis dans la première partie -le *déplacement*, le *jour ouvrable type*, le *lieu-motif*- cette deuxième partie les manipule dans des analyses empiriques. Le premier intérêt est de mettre en évidence les liens qui existent entre des formalismes à première vue strictement techniques et des modes d'appréhension du phénomène de la *mobilité quotidienne*. C'est tout l'intérêt de considérer la mise en forme du produit de l'enquête comme une opération à la fois technique et cognitive.

La *mise en boîtes* de l'enquête dans un modèle conceptuel de données (MCD) à quatre objets interconnectés est examinée à travers la grille de lecture de Lazarsfeld-Menzel. Celle-ci permet de mettre au clair les relations inter-objets qui s'introduisent dans la plupart des questionnements et des interprétations. Cet examen préalable est d'autant plus important que la construction du dispositif EMD et son utilisation se sont toujours focalisés sur l'un de ces objets, le déplacement, allant jusqu'à en faire le synonyme de la mobilité ([CERTU 1998](#)).

Le premier résultat est de montrer qu'historiquement, l'objet déplacement concentre la quasi-totalité de l'information sur la mobilité, aux dépens des autres objets, en particulier de l'objet individu. C'est ainsi que le MCD « ménage un chemin » dans le traitement et l'interprétation de l'enquête. Il rend difficile l'appréhension diachronique des pratiques de mobilité en réduisant l'activité au statut d'*entre-déplacements* et en faisant des déplacements des segments isolés et indépendants les uns des autres. Il rend également difficile l'appréhension synchronique des pratiques de mobilité en faisant du temps une propriété parmi d'autres de l'objet déplacement.

Le ré-agencement proposé dans le Chapitre 4 est une alternative au MCD originel qui donne une grande marge de manœuvre pour l'étude des pratiques spatiales individuelles.

En ramenant toute l'information sur la mobilité au niveau de l'individu, et en mettant sur le même plan les états mobiles et immobiles, il permet d'appréhender la mobilité sous des angles différents, en particulier en termes de présence spatio-temporelle.

C'est sur la base de ce ré-agencement que le Chapitre 5 confronte la lecture classique par les flux et les déplacements à une lecture par les activités et la présence. Ce travail mène à une conclusion à première vue paradoxale : la prédominance des approches par les flux traduirait une difficulté à concevoir l'espace d'un point de vue relationnel. La mise en forme de la *mobilité quotidienne* au travers des dispositifs de quantification, en particulier de l'EMD, renvoie à une conception aréolaire de l'espace (Kaufmann 2002). Il s'agit d'un *espace des lieux*, c'est-à-dire un ensemble de zones reliées par des déplacements qui ne sont assortis que d'un seul attribut, leur métrique. Je développe l'idée que la vision fonctionnaliste de la ville comme collection de zones monofonctionnelles reliées par des infrastructures est encapsulée dans l'enquête ménages déplacements à travers la notion de *lieu-motif* (cf. Section 2.2.2), vision qui conduit à réifier des types de lieux.

Enfin, cette deuxième partie interroge les liens entre les mesures calculées à partir des enquêtes ménages déplacements (EMD) et les discours qui s'appuient sur ces mesures. Alors que la validité des mesures peut être examinée en elle-même, par des méthodes statistiques, la validité des discours est examinée relativement aux mesures sur lesquelles ils s'appuient. Plusieurs types de décalages sont constatés : décalage entre un discours des PDU qui vise une diminution du trafic automobile et une mesure de cette diminution en termes relatifs ; décalage entre un discours sur les pratiques individuelles et une mesure des déplacements ; décalage enfin entre un discours sur les pratiques des individus et une mesure agrégée. En traquant ce type de décalages, le Chapitre 6 aboutit à une conclusion très générale : une mesure n'est intrinsèquement ni bonne ni mauvaise, elle est seulement adaptée ou inadaptée vis-à-vis du discours qui la prend pour assise.

La deuxième partie a donc permis de faire dialoguer éléments théoriques et observations empiriques pour enrichir la réflexion sur la mise en forme de l'idée *mobilité quotidienne*. La troisième partie poursuit la réflexion sur les aspects performatifs des instruments de la socio-économie des transports. Il examine l'effet de ces instruments sur l'objet *mobilité quotidienne*, c'est-à-dire sur les pratiques effectives de mobilité.

Il s'agit d'une transition importante dans le fil de la thèse. Dans les deux premières parties, le focus était mis principalement sur la quantification et sur la modélisation de la mobilité. La troisième partie se penche sur la planification des réseaux de transport. C'est en effet par ce biais que les instruments de la socio-économie des transport peuvent avoir un effet sur les pratiques de mobilité. Ces instruments ont été conçus pour guider les choix d'investissement : il est donc possible, en première analyse, de postuler qu'ils ont un poids dans le type et la forme des réseaux de transports mis en place.

Troisième partie

La planification des transports et ses instruments

Introduction de la troisième partie

La thèse part de la distinction proposée par Ian Hacking entre *idée* et *objet* et l'étude des interactions entre les deux structurent l'ensemble de son contenu. La première partie a abordé la mise en forme de l'idée *mobilité quotidienne* dans une approche historique et épistémologique. La deuxième partie a fait dialoguer éléments théoriques et observations empiriques pour enrichir la réflexion sur la mise en forme de l'idée *mobilité quotidienne*. La troisième partie poursuit la réflexion sur les aspects performatifs des instruments de la socio-économie des transports. Il examine l'effet de ces instruments sur l'objet *mobilité quotidienne*, c'est-à-dire sur les pratiques effectives de mobilité.

Dans les deux premières parties, le focus était mis principalement sur la quantification et sur la modélisation de la mobilité. La troisième partie se penche sur la planification. C'est par ce biais que les instruments de la socio-économie des transports peuvent avoir un effet sur les pratiques de mobilité. Ces instruments ont été conçus pour guider les choix d'investissement : il est donc possible, en première analyse, de postuler qu'ils ont un poids dans le type et la forme des réseaux de transports mis en place.

La planification des transports est le résultat d'une rencontre entre trois éléments : des méthodes de mesure et de modélisation de la mobilité, des méthodes d'évaluation économique et des logiques de décision politique. La décision politique n'est pas déterminée par les méthodes de modélisation et d'évaluation, mais elle n'est pas non plus autonome vis-à-vis d'elles. La modélisation de la mobilité et l'évaluation économique entretiennent également des liens étroits mais non déterministes. Le trio modélisation-évaluation-décision, qui fait l'objet de cette troisième partie, est qualifié de *processus de planification des transports* et désigné sous le sigle de « PPT ». Pour bien mettre en évidence le rôle des instruments, l'approche proposée part d'une définition particulière du *processus de planification des transports* qui consiste à le décapiter (détacher la tête) en évacuant toute dimension politique. Cette partie cherche à comprendre quelle serait l'action du Prince

sur les réseaux de transport si celui-ci laissait toute marge de manœuvre à son conseiller, l'ingénieur-économiste.

Le Chapitre 7 se propose d'examiner les principes clefs du PPT pour mettre en évidence l'image qu'ils renvoient des pratiques de mobilité. L'intérêt de cette analyse est de mieux comprendre les choix d'investissement : la décision politique s'appuie sur une certaine image des pratiques de mobilité. Cette image est produite par les dispositifs de quantification, de modélisation et d'évaluation économique présentés en détail dans la première partie de la thèse. Ces dispositifs peuvent être considérées comme une mise en image des pratiques de mobilité, donnant un certain point de vue qui amène à valoriser certaines pratiques plus que d'autres.

Le Chapitre 8 s'appuie sur l'analyse des dispositifs techniques réalisé dans la première partie de la thèse et sur les principes de planification présentés dans le Chapitre 7. Il examine le rôle des instruments de la socio-économie des transports dans la mise en place de réseaux de transport. Ce chapitre interroge les aspects performatifs de ces instruments relatifs au mode de transport et à la forme des réseaux. Les instruments de la socio-économie des transports favorisent-ils un mode aux dépens d'un autre (le véhicule particulier aux dépens du transport collectif) ? Favorisent-ils une forme aux dépens d'une autre (tracés radiaux aux dépens des tracés circulaires) ?

L'enjeu de ces questions est double. Le premier enjeu concerne les impératifs d'économie d'énergie et de réduction des émissions qui, selon les documents législatifs en vigueur, passent par une « diminution du trafic automobile » (cf. Section 6.2). Peut-on atteindre un tel objectif avec des instruments qui ne seraient qu'une « technique de planification au service de l'automobile » (Dupuy 1975). Le second enjeu concerne l'organisation spatiale des espaces urbains et pose le problème de l'équité territoriale. Si la mobilité quotidienne est canalisée par les réseaux (Dupuy 1987), la forme de ces réseaux a un impact certain sur l'accessibilité et sur les flux observés. Un réseau constitué d'un ensemble de lignes radiales renforcera nécessairement la polarisation de l'espace. Un réseau en étoile, très centralisé et très peu maillé, se traduit par des inégalités d'accessibilité maximales. Il est donc crucial de questionner les aspects performatifs des instruments de la socio-économie des transports sur la forme des réseaux.

La planification des transports face aux pratiques de mobilité

Introduction	224
7.1 Règles de composition	225
7.1.1 Se focaliser sur l'infrastructure lourde	225
7.1.2 Découper l'espace en zones pour modéliser	226
7.1.3 Redéfinir le temps pour en faire une unité de valeur	228
7.1.4 Rejeter le raisonnement systémique	233
7.2 Prise de vue	242
7.2.1 Hors champ : les immobiles et les non motorisés	243
7.2.2 Hors champ : les « mouvements browniens »	245
7.2.3 Analyse synthétique de la prise de vue	249
Conclusion	255

Introduction

La planification des transports est le résultat d'une rencontre entre trois éléments : des méthodes de mesure et de modélisation de la mobilité, des méthodes d'évaluation économique et des logiques de décision politique. La décision politique n'est pas déterminée par les méthodes de modélisation et d'évaluation, mais elle n'est pas non plus autonome vis-à-vis d'elles. La modélisation de la mobilité et l'évaluation économique entretiennent également des liens étroits mais non déterministes. Le trio modélisation-évaluation-décision, qui fait l'objet de cette troisième partie, est qualifié de *processus de planification des transports* et désigné sous le sigle de « PPT ».

L'objectif de ce chapitre est d'examiner les principes clefs du PPT pour mettre en évidence l'image qu'ils renvoient des pratiques de mobilité. L'intérêt de cette analyse est de mieux comprendre les choix d'investissement : la décision politique s'appuie sur une certaine image des pratiques de mobilité, image qui est produite par les méthodes de mesure, de modélisation et d'évaluation économique. Poursuivant la métaphore visuelle, il est possible d'analyser cette image comme on analyse la composition d'une photographie : son cadrage, ses plans et sa mise au point. Le cadrage est d'abord une sélection de ce qui sera vu et une exclusion du reste, donc un choix de ce qui mérite l'attention. À l'intérieur du cadre, les plans et la mise au point permettent de mettre en valeur certains éléments par rapport à d'autres qui restent en arrière-plan ou dans des zones de flou. De la même façon, les méthodes de modélisation et d'évaluation doivent être considérées comme une mise en image des pratiques de mobilité, un certain point de vue qui amène à valoriser certaines pratiques plus que d'autres.

Ce chapitre se structure en deux parties : dans un premier temps sont examinées les « règles de composition », c'est-à-dire les principes fondamentaux de modélisation et d'évaluation qui guident la mise en forme de la *mobilité quotidienne*. La seconde partie s'intéresse à la « prise de vue », c'est-à-dire à l'image renvoyée par l'application de ces règles à des pratiques effectives de mobilité. Il s'agira de quantifier, à partir de l'Enquête Globale Transport (EGT), quels types de pratiques et d'individus occupent le premier plan et lesquels se situent au contraire en arrière-plan, dans des zones de flou ou hors du cadre.

Quatre règles de composition sont distinguées, dont certaines sont issues du raisonnement d'évaluation économique et d'autres des méthodes de modélisation. La première règle consiste à réduire le cadre de modélisation et d'évaluation aux pratiques de mobilité qui nécessitent de l'infrastructure lourde, à savoir des infrastructures routières ou ferroviaires caractérisées par des vitesses élevées. La deuxième règle est la nécessité de découper l'espace en zones pour pouvoir modéliser et prévoir les flux de mobilité, introduisant par là une inégalité de traitement entre les mobilités intra- et interzones. La troisième règle consiste à redéfinir le temps pour en faire une unité de valeur et à isoler des gains de temps dans un système pourtant homéostatique. La quatrième règle impose de raisonner de façon linéaire : malgré l'interaction évidente entre les infrastructures et les services de

transport (offre) et les pratiques de mobilité (demande), le PPT tend à hâcher ce système d'interactions.

7.1 Règles de composition

7.1.1 Se focaliser sur l'infrastructure lourde

Dans le contexte de l'importation des méthodes américaines, à la fin des années 1950, l'investissement est « le facteur par excellence de la croissance économique » et donc de « l'accélération du progrès » (Massé 1964, p.IX). La batterie de méthodes de modélisation et d'évaluation économiques vise donc à construire de grands équipements, pour les modes de transport qui vont dans le sens de cette accélération du progrès :

« C'est une époque où la vision dominante était "tout le monde aura une automobile, les transports en commun sont condamnés, le seul objectif c'est de gérer convenablement leur déclin et leur disparition". Je caricature un peu, mais à peine, et ce discours dominant était porté par le corps des Ingénieurs des Ponts et Chaussées, qui était le corps pilote du Ministère des Transports, puis à partir de 1966 du Ministère de l'Équipement. »

Entretien avec Pierre Merlin, 21 avril 2011.

Cette première règle se traduit par un cadrage qui laisse hors du champ un certain nombre de pratiques et d'individus : l'immobilité et la mobilité non motorisée. Le premier cas ne semble pas problématique : pourquoi prendre en compte des individus immobiles dans la planification de réseaux de transport ? Cette exclusion est avant tout un parti pris du raisonnement d'évaluation économique.

L'exclusion des immobiles prend également racine dans les méthodes de modélisation. Pour saisir ce lien, il faut expliciter quelques éléments sur le fonctionnement et l'histoire du modèle à quatre étapes. Dans les premiers modèles, il n'y avait aucun lien de rétroaction entre les étapes : le déroulé du modèle était linéaire, les entrées de chaque étape étant constituées des sorties de l'étape précédente (cf. Figure 2.5).

Au fur et mesure, les modélisateurs ont tissé des liens de plus en plus étroits entre les trois dernières étapes -distribution, choix modal, affectation- les rendant interdépendantes, mais l'étape de génération a toujours été considérée comme indépendante des trois suivantes (Bonnell 2001, Ortúzar et Willumsen 2011). La génération des déplacements est donc modélisée en fonction de caractéristiques de la population et des activités, mais elle est considérée comme indépendante du réseau de transport et, de façon plus générale, de l'accessibilité. Ne pas prendre en compte les immobiles revient donc implicitement à accepter cette idée véhiculée par la modélisation à quatre étapes : l'immobilité d'un individu n'est pas liée à son (mauvais) accès au réseau de transport.

La non prise en compte de la marche à pied et du vélo s'explique de la même façon : dans le contexte américain, le PPT est presque uniquement dédié aux infrastructures routières, excluant non seulement la marche à pied mais aussi le transport en commun : « les modèles américains traitaient tout ce qui n'était pas déplacement en véhicule particulier comme un résidu » (Dupuy 1975, p.123). Dans le contexte français, et plus particulièrement dans le contexte de la région parisienne, le PPT se devait de considérer le transport en commun (cf. Section 2.1.2). Mais dans les deux cas, la marche à pied n'a jamais été à l'origine d'investissements massifs. Elle a été peu considérée par la modélisation et pas du tout par l'évaluation économique.

La marche à pied, et les modes non motorisés de façon plus générale, ont également été exclus pour une raison moins évidente, bien que liée aux facteurs précédents. Ce qui intéressait et intéresse toujours les planificateurs est d'estimer le flux d'usagers sur un tronçon du réseau de transport. Dans ce cadre, les efforts se sont concentrés sur les deux dernières étapes du modèle visant à estimer et à représenter ces flux sur le réseau, avec un intérêt particulier porté aux situations de congestion. La montée en complexité sur les deux dernières étapes est compensée par une simplification des deux premières, en particulier de l'étape de génération (DKS Associates 1994). Exclure la marche à pied (et *a fortiori* le transport en commun) dès la première étape du modèle rendait l'ensemble beaucoup plus simple.

Ainsi, la marche à pied a parfois été exclue dès le dispositif d'enquête (SERC, BRC de Rennes 1964), elle est très généralement exclue du dispositif de modélisation (SERC 1964, SETRA et IRT 1973) et il n'a jamais été question de la prendre en compte dans le dispositif d'évaluation économique. L'immobilité, quant à elle, fait l'objet d'un intérêt très récent. Dans toutes les archives consultées, les manuels et autres rapports techniques des années 1960-1970, il n'en a jamais été question. La première règle de composition est donc issue de la rencontre entre méthodes de modélisation et raisonnement d'évaluation économique.

7.1.2 Découper l'espace en zones pour modéliser

La deuxième règle de composition est, en première analyse, directement issue des méthodes de modélisation : il n'y a pas de modèle de prévision sans zonage préalable. D'abord, l'étape de génération du modèle à quatre étapes estime des stocks de déplacements produits et attirés par les zones en fonction de leurs caractéristiques. Ensuite, l'étape de distribution produit une matrice de flux qui ne tient compte, par définition, que des flux interzones.

Gabriel Dupuy insiste sur le peu d'importance accordée à ce qui se passe à l'intérieur des zones :

« Dans les modèles classiques, on s'intéresse exclusivement aux flux interzones, les déplacements intrazones sont considérés comme des espèces de mouvements browniens sans importance. »

Entretien avec Gabriel Dupuy, 15 novembre 2010.

Les flux de déplacements estimés par le modèle de prévision sont étroitement liés au zonage de modélisation, puisque c'est ce zonage qui confère à un déplacement son caractère intra- ou interzone. D'où l'intérêt d'examiner plus précisément la façon de découper l'espace en zones.

Il existe peu de travaux historiques sur les zonages de planification des transports. Les travaux d'historiens comme Edward Weiner (1997) n'y font aucune mention et les manuels de modélisation (Ortúzar et Willumsen 2011) se contentent de donner des critères pour établir des zonages, sans remonter à l'origine de cette pratique. Le seul travail récent faisant le point sur l'histoire des zonages de planification des transports est une partie d'un chapitre de manuel rédigé par Peter Stopher (2004b). Il commence par noter que les « zones d'analyse du trafic » (*TAZ - Traffic Analysis Zones*), plus récemment rebaptisées zones d'analyse du transport (*Transportation Analysis Zones*) existent depuis que les modèles de transport existent. Puis il décrit les caractéristiques des zonages utilisés dans ces années de naissance de la modélisation des transports et leur évolution, caractéristiques qui revêtent un grand intérêt pour la suite de ce travail :

- À l'origine il s'agissait d'un zonage assez lâche à cause des capacités informatiques limitées, l'ensemble d'une agglomération étant découpée en 150 à 250 zones, ce qui correspond à une matrice de 22.500 à 62.500 cellules.
- Les zones étaient découpées pour assurer un minimum de déplacements entrants et sortants, ce qui implique que les zones centrales bénéficiaient d'un maillage plus fin que les zones périphériques moins denses en population et en activités.
- Les grandes infrastructures de transport devaient borner les zones et non les traverser.
- Les zones devaient être autant que possible homogènes du point de vue des activités et du point de vue des populations résidentes.
- Ces zones devaient permettre d'être mises en relation avec les unités spatiales utilisées par d'autres dispositifs de mesure, en particulier avec le recensement.

Ces critères de zonage sont importés en France avec le reste de la boîte à outils de l'ingénierie du transport (IAURP 1964). La seule évolution majeure de ces caractéristiques

originelles est l'augmentation du nombre de zones permise par l'augmentation de la puissance du calcul informatique. Le découpage est devenu de plus en plus fin, le nombre total de zones se situant aujourd'hui autour de 1000 dans la plupart des agglomérations, et jusqu'à 5000 dans certains cas. Le reste de ces critères se maintient jusqu'à aujourd'hui, en particulier l'homogénéité des zones et le découpage de finesse variable selon la densité de population et d'activités ([Ortúzar et Willumsen 2011](#)).

La deuxième règle de composition opère ainsi un nouveau cadrage qui inclut les déplacements interzones et exclut les déplacements intrazones. Cette règle est issue des méthodes de modélisation mais le raisonnement d'évaluation économique en hérite forcément puisqu'il repose sur les sorties du modèle de prévision.

7.1.3 Redéfinir le temps pour en faire une unité de valeur

Les troisième et quatrième règles visent à mettre en valeur certaines pratiques de mobilité plus que d'autres, parmi celles qui subsistent après le cadrage opéré par les deux premières règles. Cette mise en valeur différenciée repose tout d'abord sur une redéfinition du temps : celui-ci est généralisé et monétarisé, puis utilisé comme étalon pour valoriser les pratiques de mobilité (cf. Section [2.2.4](#)).

Les études sur la valeur du temps prennent leur source aux États-Unis et au Royaume-Uni comme l'ensemble des instruments de modélisation et de planification des transports. En France, ce domaine est principalement investi par l'IAURP (avec S. Goldberg, P. Merlin et M. Barbier) et par le CREDOC (avec G. Mercadal et B. Matalon) au début des années 1960. Un rapport du CREDOC daté de 1966 précise les trois méthodes connues à cette époque pour donner une valeur au temps de transport ([Mercadal et Matalon 1966](#), p.10) : l'observation d'arbitrages réels, l'évaluation des équivalents monétaires des différentes pertes de temps et les comparaisons directes de la gravité de différentes pertes de temps. La première méthode, que les auteurs appellent « méthode Beesley » ([Beesley 1965](#))⁷⁰ s'appuie sur les préférences révélées par les comportements, alors que les deux autres s'appuient sur les préférences déclarées (cf. Section [2.1.2](#)). La méthode fondée sur les préférences déclarées occupe une situation de monopole dans les dispositifs de modélisation et d'évaluation jusqu'aux années 1980.

70. Beesley est l'auteur de plusieurs évaluations économiques d'infrastructures dans la région de Londres comme l'autoroute Londres-Birmingham.

Les préférences déclarées s'introduisent à cette époque dans la boîte à outils de l'ingénieur-économiste mais, en termes d'évaluation économique, la valeur du temps reste généralement calculée sur la base des « arbitrages réels » mentionnés par Mercadal et Matalon dans les années 1960 :

« On essaie de trouver des situations réelles où les gens ont le choix, et on regarde quel pourcentage fait ceci ou cela, et on considère que c'est l'économie de temps ou d'argent qui explique ce choix. On ajuste et on trouve une valeur du temps : les gens se comportent comme si le temps coûtait tant. Puisque pour économiser du temps ils sont prêts à dépenser tant. »

Entretien avec Georges Mercadal, 2 mai 2011.

Cette méthode peut être étendue à tout ce qui intervient dans le choix d'un mode de transport ou d'un itinéraire :

« Si vous avez un choix entre un itinéraire avec un paysage agréable à regarder et un autre qui ne l'est pas, vous pouvez mesurer la valeur de l'attractivité du paysage. »

Entretien avec Georges Mercadal, 2 mai 2011.

La notion de coût généralisé d'un déplacement englobe des éléments de coût financier (titre de transport, carburant, péage), des éléments de temps (temps de déplacement, temps d'attente) ainsi que des éléments de confort. La caractéristique principale du coût généralisé est donc la mise en équivalence d'éléments *a priori* incommensurables, c'est-à-dire qui ne peuvent pas être mesurés ensemble. Voici un exemple qui illustre très clairement le type de raisonnement d'évaluation que permet la mise en équivalence opérée par la notion de coût généralisé. Il est extrait du document d'évaluation du projet de désaturation de la ligne 13 du métro parisien par le prolongement de la ligne 14 :

« Avant la mise en service du projet en 2017, on estime que 6,4 millions de voyages par an se déroulent dans des conditions d'inconfort. Pour ces utilisateurs, le temps moyen passé en situation d'inconfort est de l'ordre de 15 minutes. Selon la méthode de valorisation en vigueur, il est estimé qu'un usager de la ligne 13 en situation d'inconfort a la perception que le temps de son trajet est en moyenne 50 % plus long que sa durée réelle. Après la mise en service du prolongement de la ligne 14, plus aucun utilisateur ne voyagera en situation d'inconfort, ce qui correspond à un gain de temps annuel estimé à 0,8 million d'heures » (STIF et RATP 2012, p.141).

Cette mise en équivalence rend possible un nouveau type d'évaluation économique basée sur la rentabilité généralisée, qui est l'agrégation des coûts généralisés de tous les déplacements. La notion de rentabilité généralisée, parfois qualifiée de rentabilité collective ou de rentabilité socio-économique est issue des travaux de Jules Dupuit (1844). Celui-ci propose une mesure de l'utilité fondée non pas sur le coût de production mais sur ce que

l'utilisateur serait prêt à payer pour utiliser l'ouvrage en question. L'utilité d'un objet est donc définie comme « *le sacrifice maximum que chaque consommateur serait disposé à faire pour se le procurer* » (p.65).

La rentabilité généralisée commence à être utilisée à la fin des années 1950 au Royaume-Uni (Beesley 1965) et quelques années plus tard en France. Elle est d'application systématique à la fin des années 1960 (Goodwin 1974, Grey 1978b, Goodwin 1978). Dans le cadre d'un choix d'investissement, des projets d'itinéraires ou de modes concurrents peuvent être comparés en termes de gains de temps, agrégés et monétarisés, qui constituent l'essentiel du calcul de la rentabilité généralisée. Cette rentabilité constitue la base de l'évaluation économique des infrastructures de transport. En France, elle est formalisée et son usage systématisé par la vague d'« ingénieurs-économistes » des Trente Glorieuses (Mazoyer 2012), dans tous les domaines faisant l'objet d'une planification économique (Massé 1964) et en particulier dans le domaine des transports.

Il peut paraître étrange qu'une notion aussi composite que le coût généralisé, qui inclut également des éléments de perception (perception du temps, perception du confort) ait été rapidement acceptée comme base des choix d'investissement. Pierre Merlin l'explique de la façon suivante :

« Jusque-là on calculait la rentabilité d'une infrastructure de transport de façon classique : ce que ça rapporte moins ce que ça coûte. Comme ça coûtait toujours plus cher que ça ne rapportait la rentabilité était toujours négative. Donc on s'est mis à calculer la rentabilité généralisée, qu'on appelle aujourd'hui rentabilité collective ou socio-économique. Et on a trouvé que sur les principaux projets du RER que l'on planifiait, la rentabilité généralisée était très fortement positive. Et ça a été un argument décisif pour lancer la réalisation de nombreuses infrastructures, notamment du RER.

La question que l'on peut se poser c'est "comment se fait-il qu'en un temps extrêmement rapide, on ait pu faire accepter cette notion de rentabilité généralisée, notamment par les finances ?" Curieusement ils l'ont accepté très vite. Quand je me pose cette question, j'y vois deux raisons. D'abord, les technocrates, dans ma bouche ça n'est pas péjoratif, sont aussi des citoyens et ils constataient en voyant l'état des transports en commun, qu'il y avait un besoin évident du point de vue social. Et par conséquent, ils étaient prêts à accepter une méthode qui leur apparaissait comme une justification rationnelle de ce que normalement ils auraient dû refuser, parce qu'introduire une notion de confort dans la comptabilité publique ça n'était pas évident. D'autre part il y avait les ingénieurs des Ponts, qui auraient pu être un obstacle. Or il se sont trouvés être des alliés sur ce plan parce qu'ils se sont dit que ce coût généralisé leur servirait aussi pour leurs autoroutes. Donc il y eu une alliance objective entre les partisans du transport en commun, c'est-à-dire nous, et les partisans de l'automobile, c'est-à-dire le corps des Ponts et Chaussées, qui était un corps très puissant. »

Entretien avec Pierre Merlin, 21 avril 2011.

L'adoption du coût et de la rentabilité généralisés s'explique ainsi dans l'existence d'un consensus politique, administratif et technique : tous les acteurs de poids à l'époque de la naissance et de la consolidation de ces pratiques d'évaluation voient dans la rentabilité socio-économique un moyen d'appuyer leurs préconisations sur une base rationnelle (Massé 1962; 1965). L'introduction tardive de critères environnementaux engendrera une critique et une refonte partielle de la méthode d'évaluation économique (Boiteux 2001), mais la notion de coût généralisé reste au centre du raisonnement d'évaluation.

Il convient maintenant de détailler les critères de mise en équivalence du temps et de l'argent. La monétarisation du temps se fait en référence à une valeur du temps qui peut être tutélaire ou variable. Dans la plupart des pays appliquant ces méthodes, la valeur du temps est variable, elle est généralement exprimée en pourcentage d'un revenu de référence. La variabilité de la valeur du temps dépend de trois critères principaux qui sont, selon les pays et les époques, considérés séparément ou par combinaison : le mode de transport, le motif de déplacement et le statut d'occupation des individus. Todd Litman (2012) recense un ensemble de mesures de la valeur du temps au Canada, aux États-Unis, en Australie et au Royaume-Uni, qui reflètent la diversité des catégories utilisées. À titre d'exemple, voici les valeurs utilisées au Canada, qui mêlent le mode de transport, l'âge des individus et le niveau de service de l'infrastructure⁷¹ (cf. Tableau 7.1).

Catégorie	NS A-C (%)	NS D (%)	NS E (%)	NS F (%)	Attente (%)
Conducteur véhicule utilitaire	120	137	154	170	170
Passager véhicule utilitaire	120	132	144	155	155
Conducteur véhicule particulier	50	67	84	100	100
Passager adulte (VP ou TC)	35	47	58	70	70
Passager enfant (VP ou TC)	25	33	42	50	50
Piétons et cyclistes	50	67	84	100	100

Source : d'après Litman (2012)

Note : la mention NS indique le niveau de service, noté de A à F

Lecture : une heure de déplacement pour un conducteur de véhicule utilitaire dans de bonnes conditions de fluidité (NS A-C) équivaut à 120 % du revenu horaire de référence

Tab 7.1 – Valeurs du temps au Canada en pourcentage d'un revenu horaire tutélaire

71. La notion de niveau de service (*LOS - Level of service*) a deux acceptions liées mais distinctes. Dans son sens originel, celui du *Highway capacity manual* américain, il s'agit d'une qualification du niveau de fluidité sur une infrastructure routière. C'est une mesure ordinale, qui note un tronçon d'infrastructure de la lettre A à la lettre F, A signifiant un état de fluidité idéale et F un état de congestion totale (O'Flaherty 1997). Dans une acception plus large, « a LOS would be specified by a combination of speeds or travel times, waiting and walking times and price effects » (Ortúzar et Willumsen 2011, p.6).

En France, l'évaluation économique des infrastructures de transport a fait l'objet de deux rapports majeurs dans les vingt dernières années⁷², rédigés par un groupe de travail dirigé par Marcel Boiteux pour le compte du Commissariat au Plan (Boiteux 1994; 2001). Ces rapports fixent des valeurs du temps tutélaires à utiliser dans les évaluations socio-économique.

Le second rapport livre également des réflexions sur la façon de calculer la valeur du temps, issues d'une recension d'études fondées sur les préférences révélées et sur les préférences déclarées (cf. Section 2.1.2, Section 3.2.2, Section 3.2.2). Ces valeurs varient en fonction du mode de transport et du motif de déplacement, ce qui a déjà été mentionné, mais elles varient également en fonction du revenu des individus (relation positive), en fonction de la durée du déplacement (relation positive) et en fonction de la pénibilité (relation positive).

Le rapport Boiteux de 2001 préconise donc l'application de valeurs du temps variables, sur un barème simple présenté dans le Tableau 7.2. Il précise que cette pratique est répandue dans de nombreux pays, comme le Canada (Litman 2012) ou les États-Unis (U.S.DOT 1997).

Motif de déplacement	% du coût salarial	% du salaire brut	France (€/h)	IdF (€/h)
Déplacement professionnel	61	85	10,5	13
Déplacement domicile-travail	55	77	9,5	11,6
Autres motifs (achat, loisir)	30	42	5,2	6,4

Source : d'après Boiteux (2001)

Lecture : une heure de déplacement pour motif professionnel en Île-de-France vaut 13 €

Tab 7.2 – Valeurs du temps en France

Ainsi, la notion de coût généralisé s'applique à un déplacement et celle de rentabilité généralisée s'applique à un ensemble de déplacements. Ces deux notions ne suffisent pas à évaluer le bénéfice attendu d'un investissement de transport parce que ce bénéfice est calculé sur un différentiel entre l'avant et l'après investissement. Ces notions doivent donc s'appliquer à un différentiel, et plus précisément à un gain puisque l'investissement est supposé se traduire par une amélioration. La quatrième et dernière règle de composition permet ce passage du coût au gain : gain de temps, d'argent ou de confort.

72. En septembre 2013, c'est-à-dire au moment du dépôt de la thèse, est sorti le « rapport Quinet » (*L'évaluation socio-économique des investissements publics*, 2013) qui met à jour certaines recommandations du rapport Boiteux. Les valeurs du temps sont mises à jour mais les catégories présentées dans le Tableau 7.2 (professionnel, domicile-travail, ...) sont conservées.

7.1.4 Rejeter le raisonnement systémique

« A hen is only an egg's way of making another egg »

S. BUTLER, 1878

La création d'une nouvelle infrastructure de transport, ou l'amélioration d'une infrastructure existante, se traduit-elle par un gain ? Si c'est le cas, quelle est la nature est ce gain ? Voici les deux questions fondamentales posées par l'économie des transports. Pour chiffrer un gain, il faut nécessairement isoler un effet de l'infrastructure nouvelle dans un système qui semble pourtant homéostatique. Cette section se structure donc autour de ces deux éléments : il s'agira d'abord de montrer en quoi le système de l'offre et de la demande de transport est homéostatique. Ensuite, il s'agira d'expliquer comment le raisonnement d'évaluation économique brise les interactions de ce système pour isoler un effet et lui donner une valeur.

Dans une logique de rentabilité socio-économique qui sera détaillée dans la suite de cette section, le PPT tend à construire l'offre là où il y a une demande préalable. En général, plus l'offre est efficace, plus la demande s'y concentre. L'offre suit la demande, elle est construite là où il y a une demande préalable ; la demande suit l'offre, plus l'offre est efficace, plus la demande s'y concentre. L'objet de cette section est donc d'examiner ces deux liens.

Le premier lien, le fait que l'offre crée la demande, est bien connu des modélisateurs, des planificateurs et des gestionnaires de réseaux de transport. La construction d'une nouvelle infrastructure ou l'amélioration d'une infrastructure existante a pour effet d'attirer une demande nouvelle, qualifiée de demande ou de trafic « induit ». Ce phénomène, pointé pour la première fois à la fin des années 1950 ([Cervero 2001](#)), largement documenté aussi bien dans le domaine urbain qu'inter-urbain, fait encore l'objet de débats.

La Figure 7.1, réalisée d'après [Noland et Lem \(2002\)](#), représente l'équilibre entre l'offre et la demande de transport. C'est une figure fondamentale dans les études d'économie des transports que l'on retrouve dès le début des années 1960 ([Abraham 1961](#)). Dans l'analyse économique, la demande induite est le déplacement de la courbe de demande à la recherche d'un point d'équilibre avec la courbe d'offre modifiée par la nouvelle infrastructure. Dans la situation de départ (cf. Figure 7.1), l'équilibre entre la courbe d'offre O_1 et la courbe de demande D_1 se traduit par un coût⁷³ total C_1 et un trafic total T_1 . L'amélioration de l'offre entraîne une réduction du coût et donc le déplacement de la courbe d'offre en O_2 , le nouvel équilibre se traduit par un coût total C_2 et un trafic total T_2 . Il y a donc dans ce premier équilibre un gain de temps ($C_1 - C_2$) et une augmentation du trafic ($T_2 - T_1$). Dans un second temps, la courbe de demande se déplace en D_2 pour retrouver le coût initial C_1 , ce qui se traduit par un trafic total final (T_f) encore supérieur. Ce dernier mécanisme repose sur la constance des budgets temps de transport.

73. Le coût est ici, comme dans l'ensemble de cette partie, un coût généralisé qui est essentiellement du temps monétarisé.

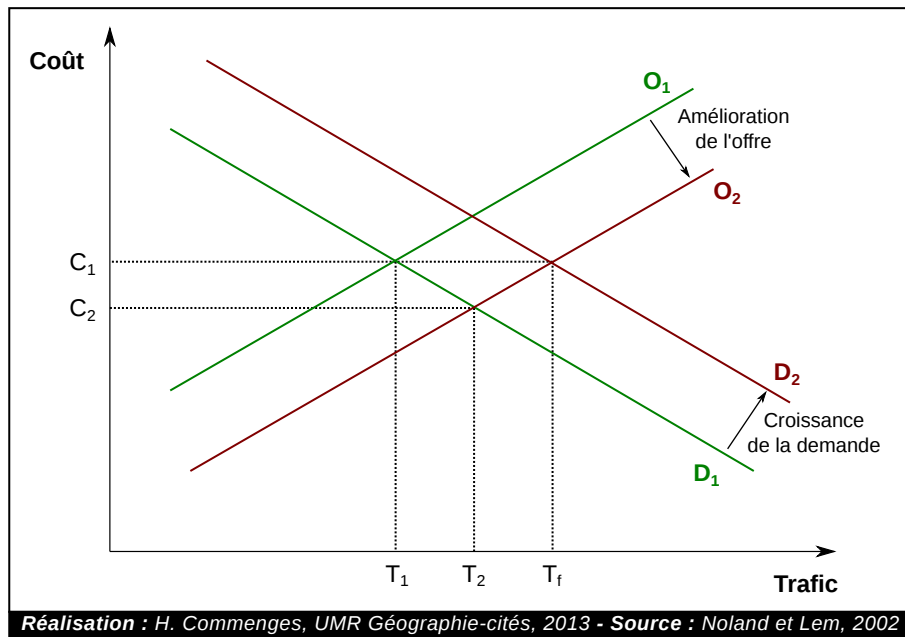


Fig 7.1 – Schéma de l'équilibre offre-demande

Le phénomène d'induction de la demande par l'offre a été observé empiriquement à maintes reprises (Goodwin 1996). Comme l'amélioration de l'offre, en particulier par l'augmentation de la capacité d'une infrastructure, s'inscrit généralement dans un discours technique et politique sur la congestion, la demande induite pose problème (Goodwin 1997a). En effet, l'augmentation de capacité est comblée, à plus ou moins long terme, par la demande induite, ce qui ramène à une situation de congestion. Ce phénomène est signalé très tôt par Antony Downs (1962) qui affirme qu'en période de pointe le trafic tend à croître jusqu'à occuper l'espace disponible, variante de la loi de Parkinson énoncée deux ans auparavant (1960) : « work expands to fill the time available. »

Trafic induit et demande induite

De nombreux auteurs signalent l'existence d'un certain flou conceptuel autour des notions de trafic induit et de demande induite. Certains auteurs distinguent *demande induite* et *trafic induit* sur un critère d'horizon temporel : les ajustements de court terme sont qualifiés de trafic induit, les ajustements de long terme de demande induite (Lee et al. 1999).

D'autres distinguent le *trafic induit* des *déplacements induits* en référence aux matrices de déplacements produites par les modèles de transport (Hills 1996). Le modèle à quatre étapes produit une matrice de déplacements (étape de distribution), puis une matrice de déplacements par mode de transport (étape de choix modal). Un déplacement reporté de la voiture vers le métro mais qui conserve toutes ses caractéristiques originelles (origine, destination, tranche horaire) passe de la matrice des déplacements VP (Véhicule Particulier) vers la matrice de déplacements TC (Transport en Commun). Il est alors qualifié de trafic induit (il s'ajoute au trafic en TC), mais pas de déplacement induit puisqu'il existait déjà et dans la matrice de déplacements tous modes. En revanche, un déplacement hebdomadaire qui devient bi-hebdomadaire du fait de l'amélioration d'une connexion est un déplacement induit parce qu'il n'existait pas dans la matrice de déplacements originelle.

Enfin, dans une optique purement routière, la distinction s'opère autour de la variable traditionnellement analysée pour quantifier les effets d'une nouvelle offre de transport : les véhicules-kilomètres. Il devient utile de distinguer ce qui contribue à la croissance de cette variable de ce qui n'y contribue pas (Cervero et Hansen 2002). La demande induite désigne alors ce qui fait croître la variable, à savoir les nouveaux déplacements, les déplacements qui s'allongent et les déplacements reportés d'autres modes vers la voiture. La mobilité induite désigne quant à elle les modifications qui n'affectent pas les véhicules-kilomètres, comme le changement d'itinéraire ou le changement de tranche horaire du déplacement.

D'une façon générale, plusieurs caractéristiques de la demande peuvent être modifiées à la suite d'une modification de l'offre (Hills 1996) : le fait de se déplacer ou pas, le choix de la destination, l'horaire du déplacement, la fréquence du déplacement, le mode de transport utilisé, l'itinéraire emprunté. Bien sûr, tous ces éléments sont interconnectés ce qui rend leur modélisation difficile.

Il y a donc un intérêt opérationnel très clair à quantifier la demande induite dans les modèles de prévision. Dans l'approche classique, cette demande induite (variable dépendante) est estimée en fonction de l'offre et d'un ensemble d'autres variables explicatives. Ce qui revient à considérer que c'est l'offre qui génère la demande. Ce lien de causalité a été récemment mis en question, en particulier par Robert Cervero (2001, p.7) : « Road investments are not made at random but rather as a result of conscious planning based on anticipated imbalances between demand and capacity. This implies that, irrespective of any traffic inducement effect, road supply will generally correlate with road use. » L'augmentation de la demande ne serait donc pas induite par un processus spontané, mais simplement prévue par une planification judicieuse. Ce qui amène R.

Cervero et M. Hansen (2002) à compléter la notion de demande induite par son pendant : l'investissement induit.

Les deux liens présentés en exergue de cette section agissent donc en système : la demande induite (*Offre* \Rightarrow *Demande*) et l'investissement induit (*Demande* \Rightarrow *Offre*) interagissent. Cette interaction, illustrée par la Figure 7.1, pose un problème qui fait débat aujourd'hui encore, le problème des gains de temps :

« Quand on améliore l'offre de transport, on arrive toujours par des modèles à montrer qu'il y a un gain de temps. Alors comment se fait-il que ce gain de temps disparaisse quand on analyse les enquêtes ? Il y a l'idée que c'est une création artificielle des auteurs des modèles qui veulent à tout prix justifier des infrastructures coûteuses. Comment calculer le bénéfice économique des usagers ? La méthode habituelle c'est le gain de temps à demande constante. Si la matrice des déplacements reste constante, les usagers qui aujourd'hui prennent cette ligne vont gagner du temps, on regarde dans le rapport Boiteux quelle est la valeur du temps [cf. Tableau 7.2] et on dit, l'infrastructure a fait gagner tant de temps, donc tant d'argent. C'est le gain de temps à demande constante, mais la demande n'est pas constante, et ce gain de temps s'avère illusoire puisque les gens l'utilisent pour redistribuer leur choix de transport et de destination. Dans cette redistribution, est-ce que tout bénéfice a disparu, c'est-à-dire que ça n'a servi à rien, ou est-ce qu'il y a d'autres bénéfices sous une autre forme, et si oui laquelle ? C'est le fond de la question. »

Entretien avec Jean-Gérard Koenig, 13 juin 2011.

La question des gains de temps continue d'être objet de débats après presque un demi-siècle de recherches. David Metz publie en 2008 un article intitulé *The myth of travel time saving*. Cet article est introduit par un commentaire de l'éditeur citant ses différents relecteurs. L'un d'eux signale : « it does potentially stimulate debate, so as a catalyst it might be reasonable to publish. » L'autre renchérit : « I like this paper because it is provocative ... but the bottom line is that this is an area of contested points and nuances of argument. » La controverse touche principalement au domaine de l'évaluation économique des politiques de transport, du fait que les gains de temps constituent l'essentiel de la rentabilité socio-économique des projets. Metz indique ainsi qu'au Royaume-Uni les gains de temps ont représenté environ 80 % des bénéfices comptabilisés dans les évaluations économiques des grandes infrastructures routières. En France, la situation est comparable et elle est signalée par bon nombre des acteurs interrogés qui insistent sur l'importance du calcul de la rentabilité socio-économique (agrégation de l'ensemble des bénéfices monétarisés) et son maintien malgré les critiques :

« Le taux de rentabilité socio-économique, c'est le critère qui permet de juger de l'intérêt pour la collectivité d'un investissement. C'est essentiellement fondé sur la valorisation des gains de temps, c'est un peu insuffisant mais c'est comme ça, et

c'est toujours comme ça d'ailleurs [...] Et le schéma de principe⁷⁴ n'a pas changé depuis quarante ans. C'est dommage d'ailleurs parce que le taux de rentabilité est fondé aux deux tiers sur les gains de temps. »

Entretien avec Jean Vivier, 14 avril 2011.

Tous les grands projets d'infrastructures comportent un dossier d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique⁷⁵. Parmi les pièces de ce dossier, l'évaluation économique et sociale du projet présente l'analyse coût-avantage dans laquelle il est facile de vérifier que les gains de temps représentent la majeure partie des avantages monétarisés. Pourtant, l'analyse des enquêtes de mobilité sur des séries historiques montre que, globalement, le temps de transport reste constant. Le gain de temps est-il l'arlésienne de l'économie des transports ?

L'absence de gain de temps, ou la constance des budgets temps de transport, est un phénomène documenté depuis A. Downs, et largement diffusé par Y. Zahavi (cf. Encadré). C'est précisément ce phénomène qui fait que l'offre et la demande de transport forment un système homéostatique, qui se traduit sur la Figure 7.1 par le fait que la courbe de demande se déplace en D_2 pour retrouver le coût initial C_1 .

74. Le « schéma de principe » est le document qui recueille l'évaluation économique du projet d'infrastructure. Le terme et la procédure ont été mis en place à la RATP puis généralisés par le Syndicat des Transports Parisiens (STP puis STIF).

75. Consultables sur les sites Internet des AOTU, par exemple le site du STIF (www.stif-info.fr), et parfois sur des sites dédiés comme www.desaturerlaligne13.com ou www.tangenciellenord.fr.

La constance des budgets temps de transport (BTT)

Yacov Zahavi (1926-1983) est connu pour ses travaux sur les temps de transport, publiés à l'origine dans des rapports pour le département de transport américain et pour la Banque Mondiale. Il a développé le modèle de prédiction du trafic urbain UMOT (*Unified Mechanism Of Travel*) fondé sur l'idée que les individus tendent à maximiser la distance parcourue en fonction de contraintes budgétaires (temporelles et économiques) stables.

Le premier rapport dans lequel apparaît cette idée est le rapport intitulé *Traveltime budgets and mobility in urban areas* (Zahavi 1974) qui s'ouvre sur ces mots :

« The concept that an average household or a tripmaker has a stable traveltime budget is well known. However, it has never been thoroughly tested, not have its implications to traffic modeling techniques and economic evaluation procedures been explored [...] »

The methodology is exploratory in nature and scope. It is based on empirical comparative analysis of travel behavior, in relationship to the traveltime budget on three different levels : Nationwide averages, a macro study of 21 urban areas with population ranging from over 16 million to 70 thousand, and a detailed micro study of Washington, D.C. »

Cette constance des budgets temps de transport ou BTT (*TTB - Traveltime budget*), qu'il dit être déjà bien connue en 1974, a fait jusqu'à aujourd'hui l'objet de débats. Elle est parfois nommée "loi" de Zahavi, parfois "conjecture" (assertion non démontrée) et parfois "hypothèse". Cette diversité montre bien les divergences face au crédit à apporter à l'idée d'une constance des budgets temps de transport. Plusieurs études ont montré que la certitude de cette assertion dépend essentiellement du niveau d'agrégation auquel on mesure les BTT et de la mesure de centralité utilisée (moyenne ou médiane) (Joly et Crozet 2004, Mokhtarian et Chen 2004, Raux et al. 2010). À un niveau agrégé, sur l'ensemble d'une agglomération, on peut considérer qu'il s'agit d'une loi, mais plus la mesure est désagrégée, spatialement ou socialement, plus on observe de variations.

Cette loi, appuyée par un grand nombre d'études empiriques, n'a jamais reçu de fondements théoriques.

Au terme de cet aperçu des deux notions fondamentales que sont le système d'interactions offre-demande et la constance des BTT, il semble nécessaire de revenir sur les modalités d'évaluation économique en vigueur. La question qui se pose naît d'une dissonance entre les connaissances acquises dès la fin des années 1960 et les pratiques d'évaluation économique qui se maintiennent en l'état jusqu'à aujourd'hui. L'amélioration d'une infrastructure ne fait pas seulement gagner du temps aux usagers qui l'utilisaient déjà avant, elle modifie les pratiques de l'ensemble des usagers du système, et le temps global passé à se déplacer reste globalement constant. Pourtant, les choix d'investissement sont évalués sur la base

de gains de temps à *demande constante*, c'est-à-dire de gains de temps qui ne prennent pas en compte les effets systémiques d'une modification du réseau de transport. Comment s'insère et se maintient l'idée de gains de temps dans un contexte technico-scientifique qui, au mieux, la met en doute, au pire la rejette complètement ?

On peut dégager deux grandes voies d'explication à cette question de fond : la première fait référence aux techniques de modélisation, la seconde au raisonnement d'évaluation.

Il est possible de dégager plusieurs explications à la non prise en compte des effets systémiques à partir d'une analyse de la structure du modèle à quatre étapes et de son usage. D'abord, le modèle à quatre étapes est constitué, comme son nom l'indique, de quatre étapes qui sont à l'origine indépendantes. Au fur et à mesure des sophistications du modèle originel, des boucles de rétroaction sont introduites, à l'étape de choix modal et à l'étape d'affectation. Cependant, jusqu'au début des années 1980 en France, il est techniquement très difficile de prendre en compte des effets systémiques comme par exemple la demande induite, parce que le choix d'investissement projeté doit être implémenté d'abord au moment du choix modal et de l'affectation au réseau, puis réitéré à l'étape de distribution.

Mais l'obstacle le plus important est lié à l'usage du modèle, usage résultant de sa structure modulaire : les quatre étapes sont éclatées entre les différents acteurs de la planification. Il est courant chez les gestionnaires de réseaux de comparer des variantes ou des modifications de réseau qui affectent l'étape de choix modal et/ou l'étape d'affectation au réseau sur la base d'une matrice OD originelle, sans la recalculer en fonction de la modification. Certains modèles sont uniquement des modèles d'affectation, ils prennent en entrée les résultats des deux ou trois étapes précédentes et ne peuvent donc pas modifier la matrice OD en fonction des scénarios d'affectation. C'est ce qu'a toujours fait la SNCF (à la différence de la RATP) : « la SNCF ne dispose pas de modèle urbain propre [...] elle n'effectue que l'étape d'affectation sur le réseau des transports en commun. Les études menées par la SNCF se concentrent essentiellement sur les conséquences de la modification de la structure du réseau des transports en commun en termes de choix d'itinéraires et de flux sur chaque ligne. » (De Palma *et al.* 1999, p.28).

En Île-de-France, la DREIF s'est spécialisée avec son modèle MODUS dans la constitution d'une matrice origine-destination tous modes, qu'elle affine ensuite en deux matrices OD : une matrice véhicule particulier et une matrice transport en commun. Elle s'occupe donc des trois premières étapes du modèle et fournit ses matrices aux gestionnaires de réseaux, comme la SNCF, qui n'ont plus qu'à tester des scénarios d'affectation. Le modèle MODUS, par son usage, est un « générateur de matrices de déplacements » (De Palma *et al.* 1999, p.31). Évidemment, si le gestionnaire de réseaux ne contrôle pas les étapes précédentes du modèle, il lui est impossible d'évaluer les effets de son scénario sur l'ensemble de la matrice OD.

Enfin, cet apparent paradoxe s'explique par un différentiel d'échelles : la matrice OD s'applique à l'ensemble du périmètre de planification⁷⁶ alors que les effets de la modification du réseau sont considérés comme locaux. Ainsi, dans un document récent présentant un projet de voie réservée aux bus et taxis sur l'A6 entre Orly et Paris, les auteurs annoncent (Morin et Ooghe 2001) : « le modèle fonctionne à demande constante ; les effets de reports sur les mailles hors périmètre d'étude sont généralement qualifiés par une approche macroscopique qui reste limitée pour ce genre de projet. » Cet argument est souvent mis en avant : doit-on faire tourner l'ensemble des quatre étapes du modèle sur l'ensemble de la région pour tester quelques kilomètres de voies de bus ?

La deuxième voie d'explication concerne le raisonnement d'évaluation. Elle est à la fois moins immédiate et plus fondamentale que la première, liée à la modélisation, qui ne semble être qu'une difficulté technique. Pour l'expliciter il faut d'abord passer par la notion de surplus de l'utilisateur, ou surplus du consommateur. Celui-ci est défini pour la première fois par J. Dupuit (1848, p.61) comme différentiel d'utilité :

« On fait une distribution d'eau dans une ville qui, placée sur une hauteur, ne pouvait s'en procurer qu'à grand'peine. Elle y avait alors une valeur telle, que l'hectolitre par jour se payait 50 francs d'abonnement annuel. Il est bien clair que tout hectolitre d'eau consommé dans ces circonstances a une utilité d'au moins 50 francs. Une fois les pompes établies, cette même quantité d'eau ne coûte plus que 30 francs. Qu'arrive-t-il ? D'abord, l'habitant qui consommait un hectolitre continuera à le faire, et réalisera un bénéfice de 20 francs sur ce premier hectolitre. »

La courbe de demande permet d'estimer le prix maximum qu'un individu est prêt à payer pour disposer d'un service, ce prix maximum est la *valeur*. L'utilité qu'il en retire est, par définition, supérieure ou égale à la valeur. La différence entre le prix maximum que l'utilisateur est disposé à payer (valeur) et le prix réellement payé (prix) constitue le surplus de l'utilisateur.

Le surplus des usagers peut être représenté graphiquement (cf. Figure 7.2) avec des surfaces définies par les points d'équilibre entre offre et demande (Koenig 1997). L'évaluation à demande constante considère un trafic fixe T_1 . Dans cette configuration, les usagers étaient disposés à payer un coût C_1 , la nouvelle offre réduit ce coût à C_2 , le surplus est simplement le gain entre ces deux coûts, représentés par le rectangle dc .

Dans une évaluation qui prend en compte le nouvel équilibre provoqué par l'amélioration de l'offre de transport, la demande n'est pas constante mais augmente de T_1 à T_2 . Ce déplacement du point d'équilibre prend en compte deux éléments supplémentaires qui s'ajoutent au surplus à demande constante : le bénéfice de la demande induite, représenté

76. Ce périmètre a un statut et une extension variable selon les espaces et les époques. Le périmètre dont il est question ici est le périmètre dans lequel opère une Autorité Organisatrice des Transports Urbains (AOTU). En région parisienne, le périmètre de planification des transports est d'abord la « région parisienne », puis, à partir de 1976, la région Île-de-France.

par le triangle curviligne i , et la perte d'efficacité due à la croissance du trafic (rectangle r). Ainsi, le surplus des usagers évalué de cette façon est le surplus à demande constante auquel on ajoute le bénéfice de la demande induite et auquel on ôte la perte d'efficacité de l'infrastructure.

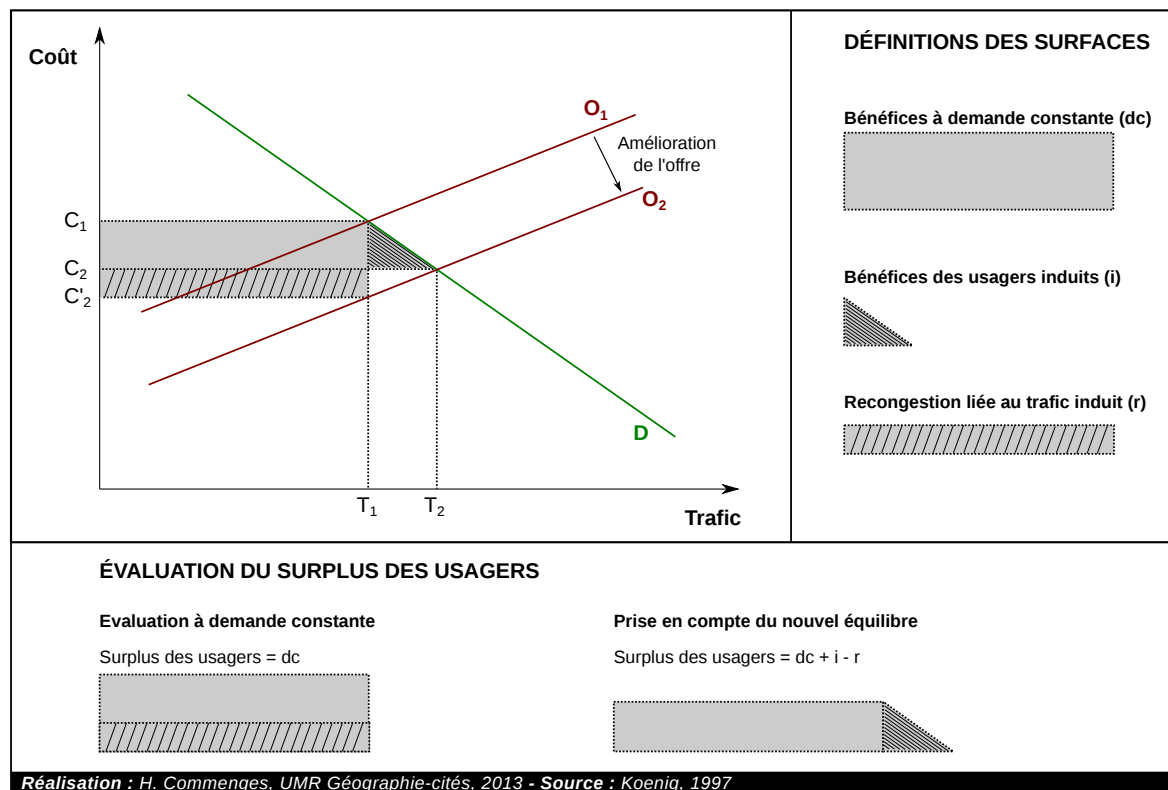


Fig 7.2 – Évaluation du surplus des usagers

Tous ces calculs sont possibles dans le cas où la courbe de demande ne se déplace pas. Accepter le déplacement de la courbe de demande vers le coût initial (cf. Figure 7.1), c'est assumer la loi de Zahavi de constance du budget temps de transport, ce qui revient à rejeter la notion de surplus telle que définie ici. Ainsi, pour le raisonnement classique d'évaluation économique, accepter la loi de Zahavi revient à supprimer l'objet d'évaluation. La seule façon de sortir de cette aporie consiste à évaluer autre chose que les gains de temps, comme par exemple des gains d'accessibilité. C'est le principe de la théorie de l'accessibilité urbaine développée par Jean-Gérard Koenig.

La quatrième règle de composition est la plus complexe, mais aussi la plus parlante vis-à-vis du processus de planification des transports. Elle est, comme les trois premières règles, le produit d'une interaction entre le dispositif de modélisation et le dispositif d'évaluation. En effet, le modèle à quatre étapes apparaît comme bien plus qu'un simple formalisme. Il structure les autres dispositifs avec lesquels il interagit, en particulier le dispositif d'évaluation économique qui se nourrit de ses prévisions. Si l'évaluation économique des choix d'investissement est statique, se focalisant sur les gains de temps à *demande*

constante, c'est en partie parce que le modèle à quatre étapes, dans son formalisme et dans son usage, pousse vers ce genre d'évaluation. En dernière analyse, le raisonnement d'évaluation économique est fondamentalement un raisonnement asystémique, ce qui impose de briser les interactions systémiques pour isoler un effet à évaluer.

7.2 Prise de vue

Après avoir présenté les règles de composition appliquées dans le processus de planification des transports, il s'agit maintenant d'appliquer les règles au cas de l'Île-de-France, ce qui constitue dans la métaphore photographique une « prise de vue ». L'objectif est de montrer quelle image renvoient les règles de composition des pratiques de mobilité effectives. Cette analyse empirique est réalisée sur l'EGT 2001-2002 ; les mesures se rapportant au zonage sont tirées d'une analyse des zones du modèle MODUS de la Direction Régionale de l'Équipement d'Île-de-France. L'ensemble des traitements présentés aboutit à une classification des déplacements et des individus en fonction de leur degré de prise en compte par les critères du PPT : les déplacements et individus exclus par le cadrage, ceux inclus mais en arrière-plan et ceux qui occupent le premier plan dans le processus de planification. C'est ce que désigne de façon métaphorique le terme de « hors champ » utilisé dans les titres de sections. En analyse filmique, le hors champ qualifie ce qui n'apparaît pas dans le cadre mais qui existe dans l'univers du film, en général à proximité du cadre lui-même, par exemple un individu ou un objet dont la présence est seulement suggérée.

Cette mise en valeur différenciée est le résultat de l'application des trois premières règles de composition explicitées précédemment. [Gallez et Orfeuil \(1998\)](#) établissent un lien entre le lieu de résidence et les pratiques de mobilité et titrent leur travail : « dis-moi où tu habites, je te dirai comment tu te déplaces. » « Dis-moi comment tu te déplaces, je te dirai ce que tu vaux » : voici l'objet de cette section qui établit un lien entre les pratiques de mobilité et leur mise en valeur différenciée dans le processus de planification des transports. La quatrième règle, quant à elle, fait l'objet du Chapitre 8. En effet, s'agissant d'un type de raisonnement, elle ne peut être appréhendée que par un modèle dynamique et non par une analyse empirique.

La question du mode de transport sera rapidement évacuée : il s'agit simplement d'acter la non prise en compte des immobiles et des non motorisés. La question du zonage sera ensuite traitée : les modèles de prévision distribuent les déplacements entre des zones préétablies et produisent des matrices origine-destination (OD) entre ces zones. Par construction, les déplacements interzones sont donc les seuls à être pris en compte. Enfin, la question de la valeur du temps est appréhendée. Elle est centrale dans le PPT puisqu'elle est à la base du calcul des bénéfices apportés par les modifications du réseau de transport.

Selon D. Banister ([2007](#), p.136), « la politique des transports est depuis toujours très nettement axée sur les migrants alternants mâles et motorisés, sans se préoccuper des

besoins des autres membres de la société. » L’objectif de cette section est d’examiner la véracité de cette affirmation en quantifiant précisément le différentiel de « préoccupation » pointé par Banister.

Les analyses empiriques réalisées ici sont systématiquement rapportées à une typologie qui distingue huit catégories de population. La typologie suivante est le résultat d’un équilibre entre trois critères : la recherche d’une différenciation inter-catégories maximale en termes de pratiques de mobilité ; la recherche d’une typologie comportant un nombre réduit de catégories (pour les besoins du modèle présenté dans le Chapitre 8) ; la nécessité d’interopérabilité entre ces catégories et les catégories statistiques classiques, permettant de faire le lien avec d’autres sources d’information comme le recensement de la population. La typologie repose sur le croisement de deux variables : le sexe (deux modalités) et le statut d’occupation qui distingue quatre modalités : les “actifs” (population active occupée), les “inactifs” (population inactive et chômeurs), les “scolaires” (population inscrite dans un établissement d’enseignement, quels que soient le type et le niveau) et les retraités. Ces quatre modalités peuvent porter à confusion, en effet les chômeurs, dans le sens de l’INSEE, font partie de la population active et non de la population inactive. Cette variation autour de la définition officielle est définie dans l’une des variables de l’EGT et son intérêt est d’isoler tous les individus réalisant des déplacements pour motif de travail dans une seule et même catégorie.

7.2.1 Hors champ : les immobiles et les non motorisés

Commençons d’abord par les individus qui sont exclus d’office du PPT, ceux qui ne se déplacent pas et ceux qui n’utilisent pas de moyens de transport motorisés pour se déplacer.

La mesure de l’immobilité est très dépendante du type d’enquête utilisée. Un groupe de chercheurs (Madre *et al.* 2007, Hubert *et al.* 2008) a mené une comparaison internationale de la proportion d’individus immobiles mesurée par des enquêtes “type EMD” et par des enquêtes “type emploi du temps”. Ils notent une différence très importante due à deux types de facteurs agissant de façon plus ou moins forte selon les enquêtes et selon les pays. D’une part ils émettent l’hypothèse d’un “refus mou” : un certain nombre d’individus rempliraient le questionnaire socio-démographique puis se décourageraient face à la complexité de la procédure de consignation des déplacements dans les EMD. Ce refus partiel ne toucherait pas les enquêtes emploi du temps, dont la procédure est plus simple (procédure de carnet) et amènerait une surestimation de la proportion d’immobiles dans les EMD. D’autre part, ils mettent en avant un autre biais agissant dans le sens inverse du premier : les enquêtes emploi du temps fonctionnent avec un carnet d’activités dont le pas de temps est de dix minutes, les déplacements courts ne peuvent donc pas être consignés, ce qui tendrait à surestimer la proportion d’immobiles dans ce type d’enquête. Au terme de cette analyse, les auteurs (Madre *et al.* 2007) considèrent que la proportion d’immobiles se situe probablement entre 8 et 15 % de la population.

En cohérence avec le reste de la section qui s'appuie sur l'exploitation de l'EGT 2001-2002, la proportion globale d'immobiles dans la population résidant en Île-de-France est estimée à environ 6 %. Ce pourcentage est très variable selon les catégories de population, il va de 2,9 % pour les femmes scolaires/étudiantes à 18,6 % pour les retraitées.

Catégories		Immobiles (%)	Non motorisés (%)	Mobiles motorisés (%)
Femmes	Actives	3,6	13,8	83,1
	Scolaires	2,9	57,8	41,0
	Inactives	11,8	61,1	34,3
	Retraitées	18,6	72,0	22,8
Hommes	Actifs	3,5	7,6	89,2
	Scolaires	3,9	54,9	43,3
	Inactifs	14,0	47,1	45,5
	Retraités	12,7	46,7	46,5

Source : DREIF, Enquête Globale Transport 2001-2002

Lecture : 81,4 % des retraitées sont mobiles, 18 % de ces retraitées mobiles sont motorisées, finalement 22,8 % des retraitées sont à la fois mobiles et motorisées.

Tab 7.3 – Immobiles et non motorisés selon les catégories de population

Concernant les individus non motorisés, ils sont inégalement répartis parmi la population. L'utilisation des modes transport est, dans l'immense majorité des cas, mesurée en termes de déplacements. La part modale, mesure très classique des études de transport, est ainsi la proportion de déplacements réalisés avec un certain mode de transport au regard du total de déplacements (cf. Section 6.2.2). La répartition modale n'est pas une mesure pertinente dans le cadre de la présente analyse, puisque celle-ci cherche à quantifier l'utilisation d'un mode de transport en termes d'individus et non de déplacements. Ainsi, le Tableau 7.3 indique le nombre d'individus qui réalisent exclusivement des déplacements non motorisés. Là encore l'indicateur est très variable : 72 % des retraitées mobiles sont des individus exclusivement non motorisés, alors que ce pourcentage n'est que de 7,6 % pour les actifs.

Ces mesures d'immobilité et de non motorisation sont directement traduisibles en termes de prise en compte dans le PPT, puisque celui-ci n'inclut que les individus à la fois mobiles et motorisés. Le bilan est très contrasté pour les huit catégories de population : on estime grâce à l'Enquête Globale Transport que seulement 23 % de la population totale de femmes retraitées est prise en compte dans le PPT. De même, les femmes inactives sont très peu prises en compte, étant peu mobiles et peu motorisées, 34 % de cette population est prise en compte dans le PPT. Les populations dont la proportion prise en compte est la plus importante sont les populations d'actifs, en particulier la population des hommes actifs. Celle-ci est très mobile et très motorisée, en conséquence 89 % de cette population est prise en compte dans le PPT.

7.2.2 Hors champ : les « mouvements browniens »

Pour qu'un individu soit pris en compte dans le PPT, il ne suffit pas qu'il se déplace et qu'il le fasse avec des moyens de transport motorisés, il faut également qu'il franchisse les limites des zones de modélisation. Ceux qui ne franchissent pas ces limites sont par définition exclus de la matrice origine-destination puisque cette matrice est constituée à partir des zones du modèle de prévision. Ces individus qui réalisent des « mouvement browniens sans importance » (cf. citation de de G. Dupuy, Section 7.1.2), amènent une réflexion sur la façon de découper l'espace en vue de modéliser les déplacements et sur les implications sociales et spatiales de ce découpage.

Deux analyses empiriques sont réalisées ici : la première s'intéresse aux zones, la seconde s'intéresse aux individus. La première analyse vise à déterminer la capacité des zones à contenir les individus en leur sein en fonction de leur superficie. La seconde vise à déterminer la capacité des individus à franchir les limites des zones en fonction de leur catégorie socio-démographique.

Il est crucial d'examiner la relation entre la taille d'une zone et l'intensité de franchissement de ses frontières. De façon intuitive, on peut imaginer que plus les zones sont petites plus la part des déplacements interzones est importante et, à l'inverse, plus les zones sont vastes plus la part des déplacements intrazones est importante. Ce mécanisme a déjà été observé sur d'autres types de flux, comme les flux touristiques (Terrier 2006a), et semble évident si la distance parcourue par les individus est homogène sur l'espace d'étude.

Cependant, ce mécanisme est compensé ici par le fait que plus les zones sont denses en population et en activités (donc petites puisque le découpage est réalisé selon ce critère) plus les individus parcourent des distances courtes (c'est précisément ce que prévoient les modèles classiques, gravitaire ou d'opportunités interposées, cf. Section 2.1.2). Ces deux mécanismes agissent dans un sens contraire et pourraient se compenser, c'est pourquoi l'effet annoncé (relation positive entre taille de la maille et importance des flux intrazones) n'est pas évident et mérite une analyse empirique.

La première analyse consiste donc à replacer les déplacements recueillis par l'EGT 2001-2002 dans les zones du modèle MODUS⁷⁷. L'indicateur d'autocontention utilisé est défini de la façon suivante : pour une zone i , l'autocontention est le rapport entre le nombre de déplacements intrazones réalisés par les résidents de la zone i et le total des déplacements réalisés par les résidents de la zone i . Cette mesure indique la capacité d'une zone à ne pas laisse échapper ses résidents durant la journée.

77. Comme préalable à cette analyse, il faut assurer la correspondance entre les zones de repérage des déplacements dans l'EGT et les zones du modèle MODUS. La méthode permettant cette correspondance est détaillée dans l'Annexe A.

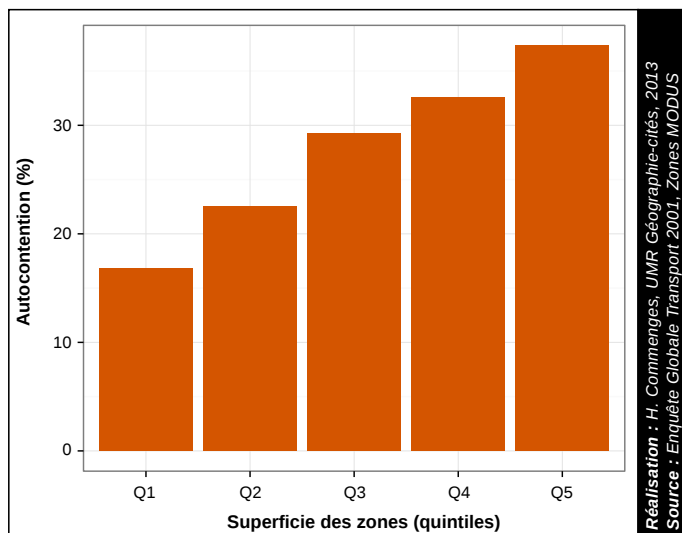


Fig 7.3 – Relation entre la superficie et l'autocontention des zones

La Figure 7.3 montre la relation entre la superficie des zones et le taux d'autocontention. Cette relation est positive et monotone : plus la zone est vaste, plus l'autocontention est élevée. Les zones les plus petites (Q1) ont un taux d'autocontention significativement inférieur à toutes les autres : en moyenne, seulement 17 % des déplacements réalisés par les résidents des petites zones sont réalisés en leur sein, alors que ce taux d'autocontention est de 38 % dans le cas des zones les plus vastes (Q5). Ce premier résultat doit être traduit en termes de prise en compte dans le

PPT, sachant que ce dernier ne prend en considération que les déplacements interzones. Les individus résidant dans les zones les plus petites sont plus susceptibles d'être pris en compte dans le PPT que ceux résidant dans des zones plus vastes. Ceci a des implications spatiales immédiates car le zonage est établi sur un critère de densité. Les zones les plus petites sont également les zones les plus denses et, dans le cas francilien comme dans tous les cas d'agglomérations monocentriques, ces zones sont également les plus centrales. On observe donc une relation *taille de la zone - densité de population - centralité*, qui se traduit sur la carte par des couronnes concentriques (cf. Figure 7.4). Ainsi, les individus les plus susceptibles d'être pris en compte dans le PPT sont ceux qui résident dans les zones les plus denses, qui sont également les plus centrales de l'agglomération.

Au niveau individuel, il s'agit de détecter quels individus franchissent les limites des zones de modélisation, et de quantifier leur intensité de franchissement⁷⁸. L'indicateur utilisé est simplement le nombre de fois qu'un individu franchit une limite de zone au cours de la journée, ce qui dépend du nombre de déplacements réalisés, de la distance parcourue à chaque déplacement et de la taille des zones dans lesquelles ces individus se meuvent.

78. Comme dans l'analyse réalisée précédemment au niveau des zones, la correspondance entre les zones de repérage des déplacements dans l'EGT et les zones du modèle MODUS est assurée par la méthode expliquée dans l'Annexe A.

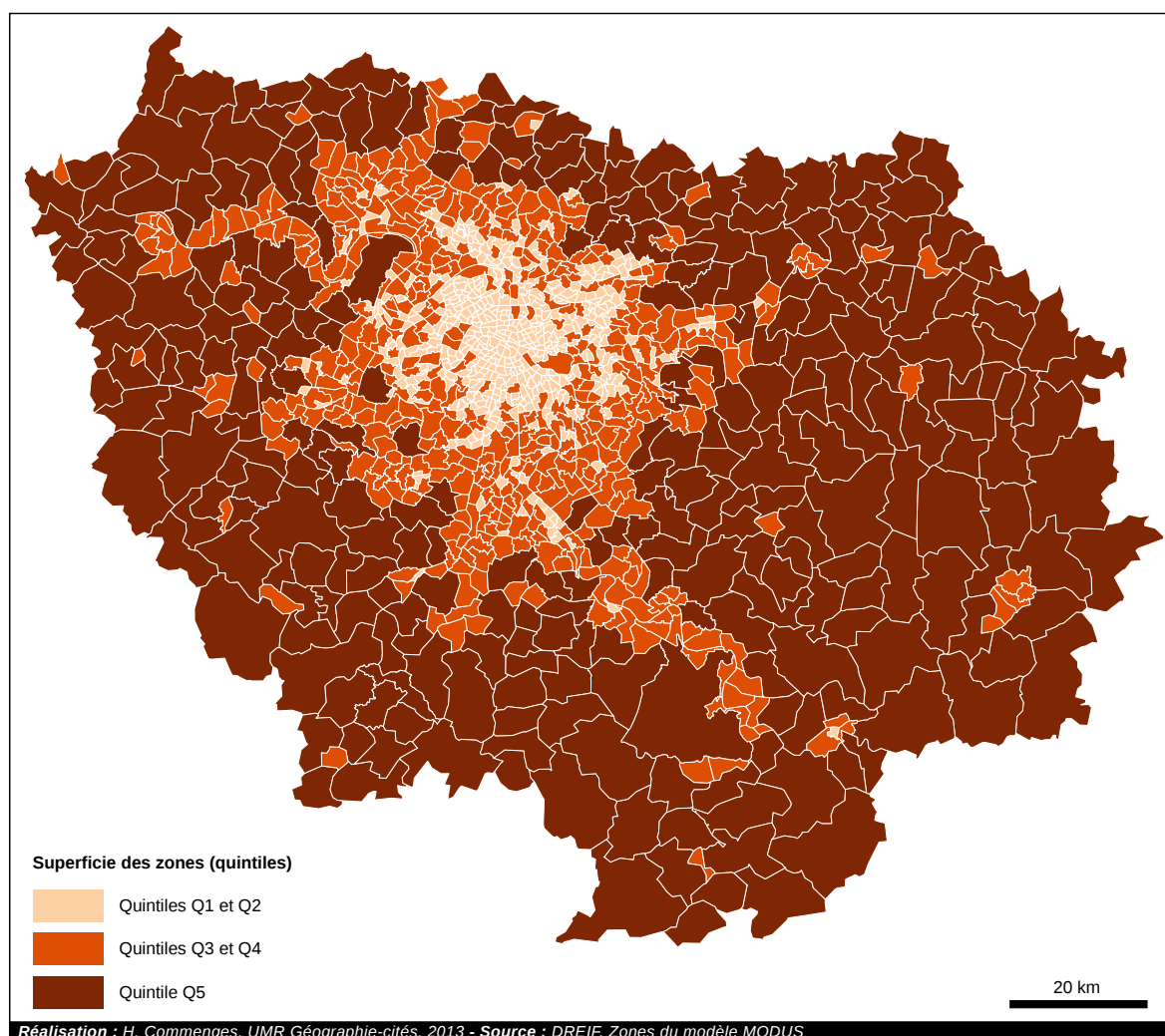


Fig 7.4 – Zones du modèle MODUS selon leur superficie

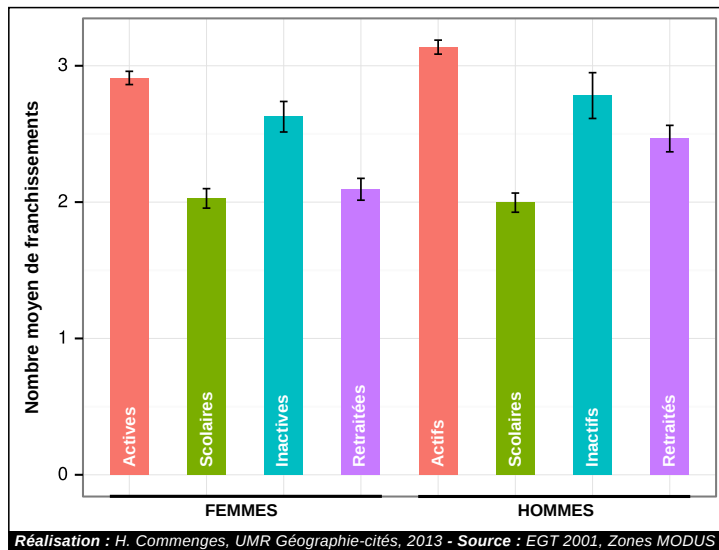


Fig 7.5 – Relation entre catégories de population et intensité de franchissement

La Figure 7.5 montre les résultats de cette analyse qui consiste à calculer le nombre de franchissements de limites de zones pour chaque individu, puis de faire la moyenne par catégorie de population. Deux grands types de population se dégagent : d’un côté les actifs et actives ont une intensité de franchissement significativement supérieure à tous les autres groupes (sauf dans la comparaison femmes actives / hommes inactifs), d’un autre côté les scolaires/étudiants, quel que soit leur sexe, et les retraitées ont une intensité de franchissement inférieure à tous les autres groupes. L’intensité de franchissement nettement supérieure des hommes retraités par rapport aux femmes est certainement due à un effet de l’âge : les hommes ont une espérance de vie inférieure à celle des femmes, ils sont donc en moyenne plus jeunes. Pour revenir à l’intitulé de cette section, les individus “browniens” sont majoritairement les scolaires et les femmes retraitées.

La question se pose de savoir quelles sont les interactions entre les catégories socio-économiques et la zone de résidence, puisque les deux analyses ont été menées indépendamment. Est-ce que l’effet de zonage constaté dans un premier temps se vérifie toutes choses égales par ailleurs quant aux catégories socio-économiques ? L’analyse suivante, illustrée par la Figure 7.6, montre la capacité des individus à franchir les zones en fonction de leur catégorie et de leur zone de résidence. À catégorie égale, les individus résidant dans les zones les plus petites, qui sont également les plus denses et les plus centrales, ont une plus forte tendance à franchir les limites des zones. Cette relation est significative pour toutes les catégories, sauf celle des hommes inactifs. La comparaison des zones de moyenne et de grande superficie semble aller dans le même sens, mais la relation n’est significative que pour les hommes actifs et retraités.

En précisant cette analyse on constate une catégorie qui se détache nettement par sa forte intensité de franchissement et un ensemble de catégories qui se détachent par leur faible intensité de franchissement : d’un côté, les hommes actifs résidant dans les zones denses et centrales ; de l’autre, les hommes et femmes scolaires et retraités résidant dans les zones périphériques de faible densité.

Ces conclusions ont une traduction immédiate en termes de prise en compte dans le PPT : les déplacements interzones étant les seuls considérés, certaines catégories d’individus seront fortement mises en valeur parce qu’elles ont tendance à franchir les zones de

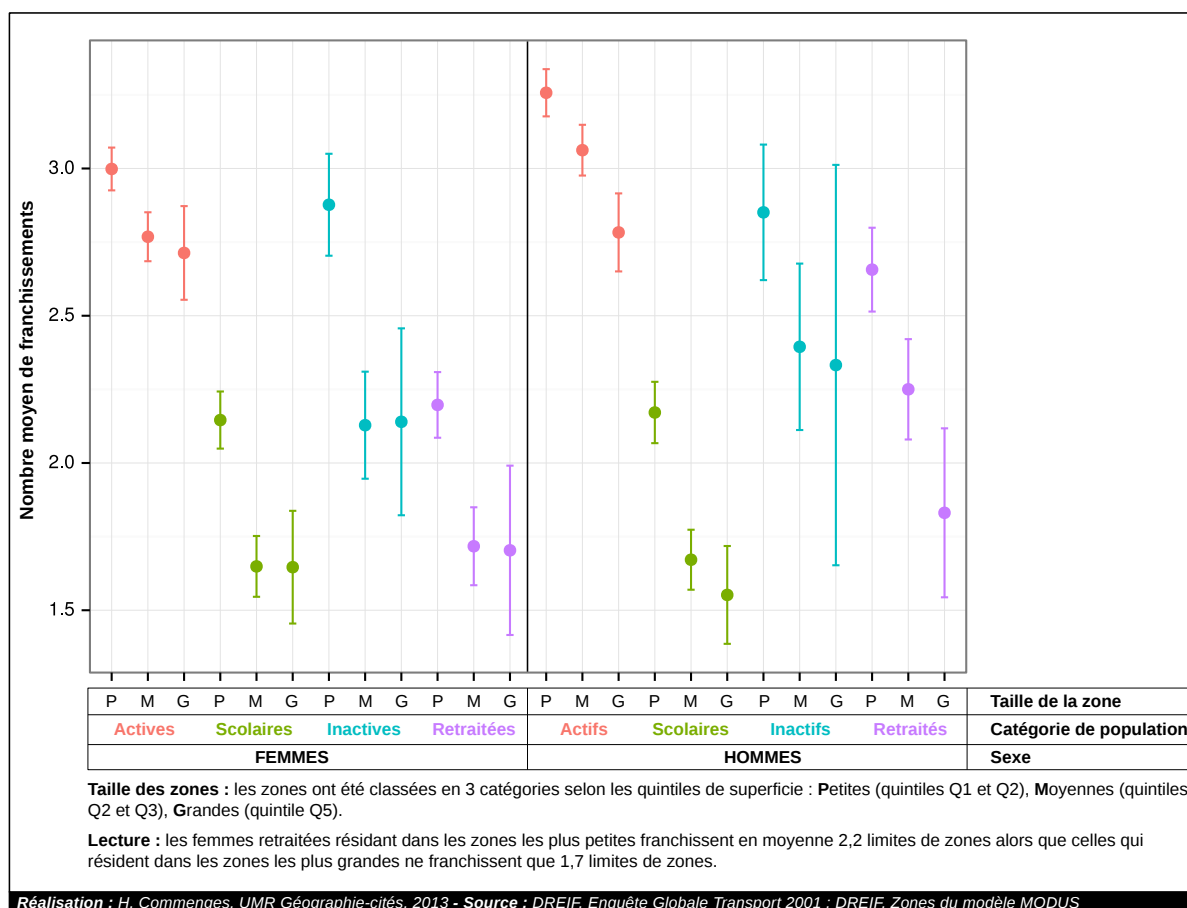


Fig 7.6 – Relation entre catégories de population, superficie de la zone de résidence et intensité de franchissement

modélisation ; d'autres catégories d'individus les franchissent peu, ce sont ces individus, qualifiés de « browniens », qui compteront pour peu de chose dans le processus de planification des transports.

7.2.3 Analyse synthétique de la prise de vue

Les individus qui sont mobiles, qui se déplacent avec des moyens motorisés et qui franchissent les zones de modélisation sont des aspirants à la prise en considération dans le PPT. Une fois évacués tous les pré-requis mentionnés, il reste plusieurs dimensions importantes de leurs pratiques de mobilité qui leur donnent plus ou moins de valeur vis-à-vis des critères du PPT : le mode, le motif et la temporalité (tranche horaire et durée) de leurs déplacements. Au vu des différentiels de valeurs du temps (cf. Section 7.1.3), il est clair que les individus qui réalisent des déplacements professionnels en voiture à l'heure de pointe sont pris en compte bien plus que ceux qui vont faire des achats en transport public à l'heure creuse.

L'analyse réalisée dans cette section vise à donner un ordre de grandeur de cette prise en compte différenciée. Elle consiste à sélectionner les déplacements pris en compte et à leur assigner une valeur monétaire théorique sur la base d'un barème simplifié, construit à partir des barèmes réels présentés dans la Section 7.1.3. Ce barème est construit sur deux critères, le motif de déplacement et la tranche horaire. Il s'agit de deux variables binaires, la variable de motif distingue une modalité "Travail - Affaires professionnelles" et une modalité "Autre"; la variable de tranche horaire distingue une modalité "Heure de pointe" et "Heure creuse"⁷⁹. Les valeurs assignées à ces modalités sont calquées sur les barèmes existants : la valeur du temps des déplacements pour motif travail- affaires professionnelles est le double de celle des déplacements autres. La valeur du temps en heure de pointe est le double de la valeur du temps en heure creuse. L'ensemble des valeurs est fixé de façon arbitraire sur une référence de 100 unités de valeur accordées à la modalité la plus coûteuse, à savoir une heure de déplacement pour motif de travail réalisé en période de pointe. Ainsi, une heure de déplacement réalisé en heure de pointe pour motif de travail vaut 100, alors qu'une heure de déplacement en heure creuse pour motif autre ne vaut que 25 unités de valeur.

Barème de valeur (unités de valeur / heure de déplacement)					
		Heure creuse (HC)	Heure de pointe (HP)		
	Travail - Aff. prof.	50	100		
	Autres motifs	25	50		
Lecture : une heure de déplacement en heure de pointe pour motif de travail vaut 100 unités de valeur.					
Exemple d'application du barème aux déplacements de deux individus					
Individus	Déplacements	Catégorie de déplacement	Temps de déplacement (h)	Barème de valeur (unité / h)	Valeur du déplacement
Individu 1	Dépl. 1	Travail / HP	0,5	100	50
	Dépl. 2	Travail / HP	0,5	100	50
	Dépl. 3	Autre / HC	0,2	25	5
TOTAL INDIVIDU 1					105
Individu 2	Dépl. 1	Autre / HP	0,5	50	25
	Dépl. 2	Autre / HC	0,2	50	10
	Dépl. 3	Autre / HC	0,2	25	5
TOTAL INDIVIDU 2					40
Lecture : l'individu 1 réalise deux déplacements de 30 mn en heure de pointe pour motif de travail et un déplacement de 12 mn en heure creuse pour motif autre. La valeur de chacun de ces déplacements est obtenue en multipliant le temps par la valeur correspondante dans le barème. La valeur des pratiques de l'individu est la somme des valeurs de ses déplacements.					

Réalisation : H. Commenges, 2013 - Source : d'après Boiteux (2001) et Liman (2012)

Tab 7.4 – Mise en valeur des déplacements

79. Il n'existe pas de définition officielle de l'heure de pointe. Ici l'heure de pointe est calquée sur l'EGT 2001-2002 : 7h30-9h pour la pointe du matin et 17h-19h pour la pointe du soir. Ce sont des créneaux durant lesquels plus de 10 % des individus sont en mouvement, la pointe du soir étant plus étalée que celle du matin.

À partir de l'EGT 2001-2002, il est facile d'assigner une valeur aux déplacements en multipliant leur durée par les valeurs du barème simplifié. Il est ensuite possible de comparer l'importance des différentes catégories de déplacements pour mettre en avant tous les effets mentionnés jusqu'à présent. La Figure 7.7 résume les proportions de chaque catégorie de déplacements selon leur prise en compte par les critères du PPT. La Figure 7.8 permet de confronter l'importance d'une catégorie de déplacements si on la mesure en proportion de déplacements ou bien en proportion de valeur.

Comme le PPT s'appuie sur une évaluation des gains de temps auquel il attribue une valeur différente selon le type de déplacements, les Figures 7.7 et 7.8 peuvent être interprétées comme un bilan de la prise de vue esquissée dans cette Section 7.2. Elles confrontent l'importance relative de l'ensemble des déplacements réalisés (pourcentage de déplacements) avec l'importance relative que le dispositif d'évaluation leur assigne (pourcentage de valeur). Elles font donc apparaître clairement ce qui a été éliminé par le cadrage (immobiles, non motorisés, browniens) et ce qui, parmi les éléments considérés, occupe le premier plan.

Le nombre de déplacements pris en compte dans le PPT sur un jour ouvrable type en Île-de-France est d'environ 19,5 millions, ce qui représente 56,6 % de l'ensemble des déplacements réalisés par les individus mobiles. Les 43,4 % de déplacements oubliés dans le PPT sont tous ceux mentionnés précédemment : les déplacements non motorisés et les déplacements intrazonas.

Parmi les déplacements pris en compte, la catégorie la plus importante est celle des déplacements pour motif autre que le travail et réalisé en heure creuse (Figure 7.8, Catégorie 1) qui représentent 22,6 % du total. La catégorie des déplacements pour motif de travail réalisés en heure de pointe (Catégorie 4) représente quant à elle 11,2 % du total. En termes de valeur la relation s'inverse, les déplacements de travail en heure de pointe représentent 45,1 % de la valeur prise en compte dans le PPT.

Ainsi, 43,4 % des déplacements ne comptent pour rien dans le PPT alors qu'une catégorie qui ne représente que 11 % du total de déplacements, celle des déplacements en heure de pointe pour motif de travail, compte pour 45 % de la valeur évaluée dans le PPT. La valorisation différenciée des déplacements selon leur type affecte évidemment la prise en compte différenciée des individus dans le PPT, ce que quantifie l'analyse qui suit.

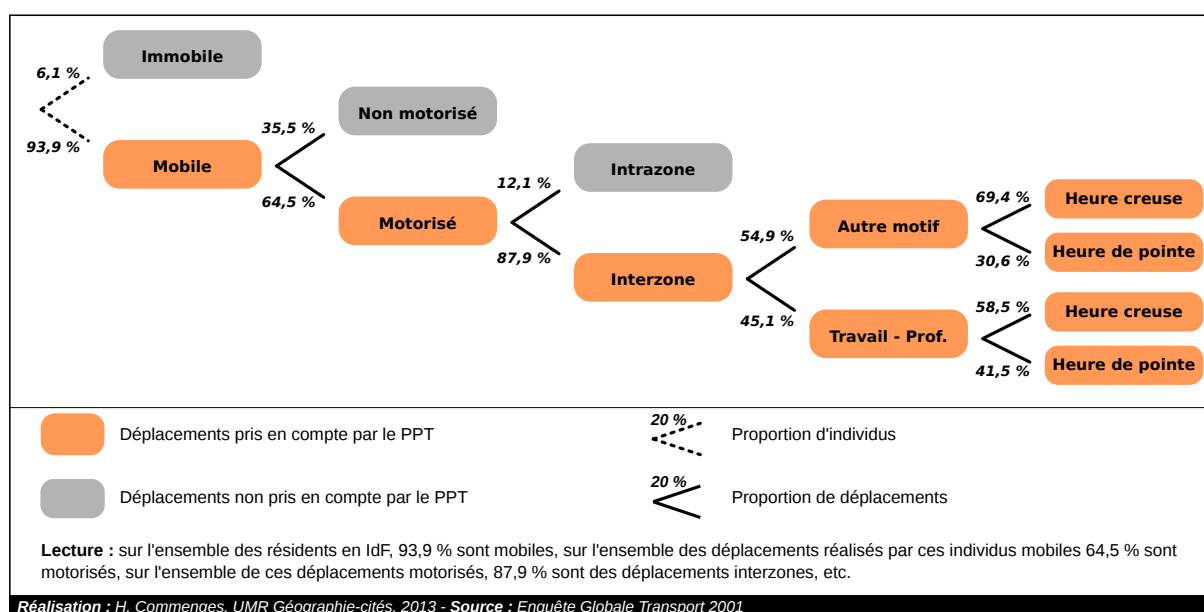


Fig 7.7 – Synthèse des déplacements pris en compte dans le PPT

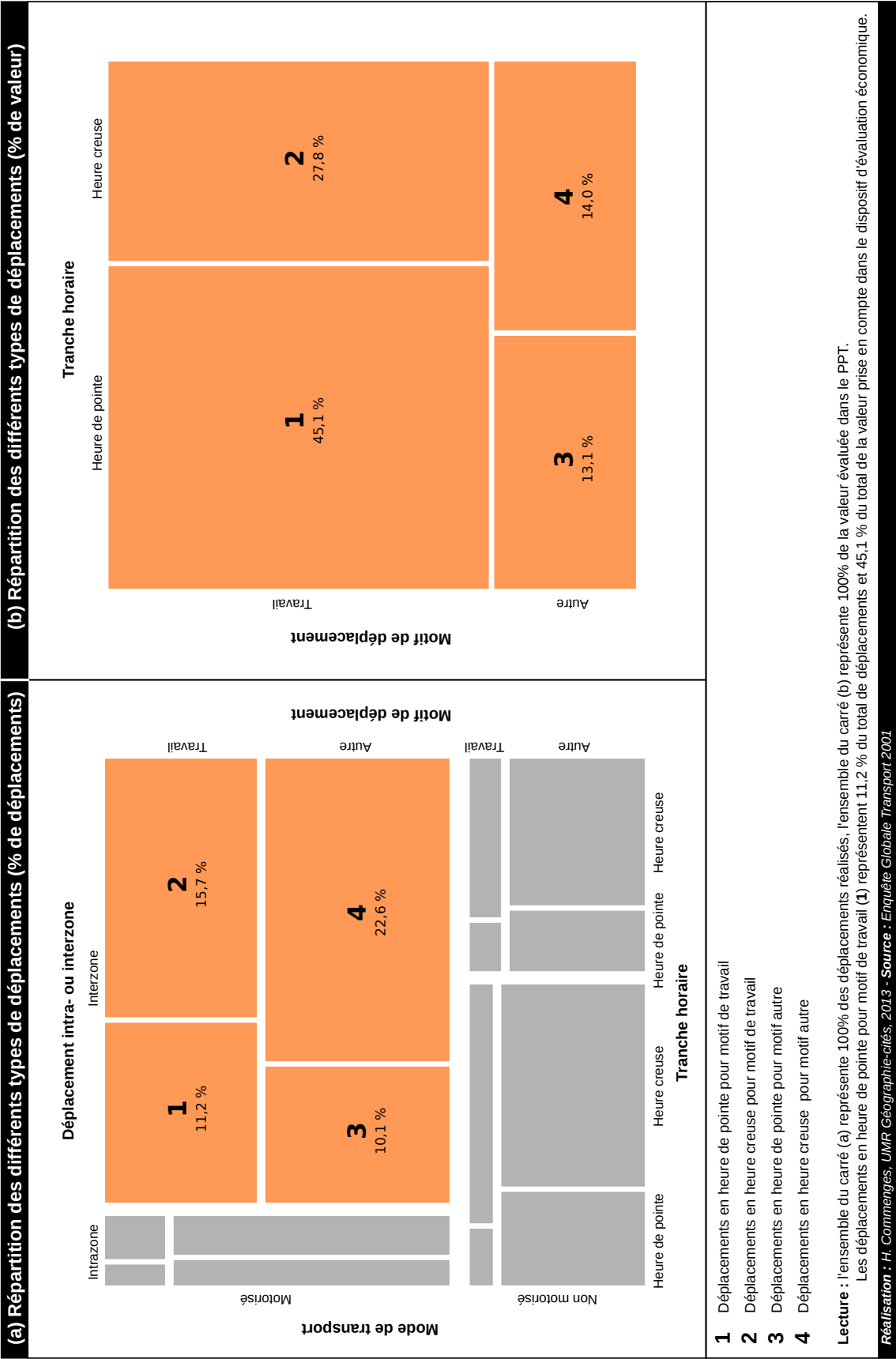


Fig 7.8 – Prise en compte des déplacements en proportion de déplacements et de valeur

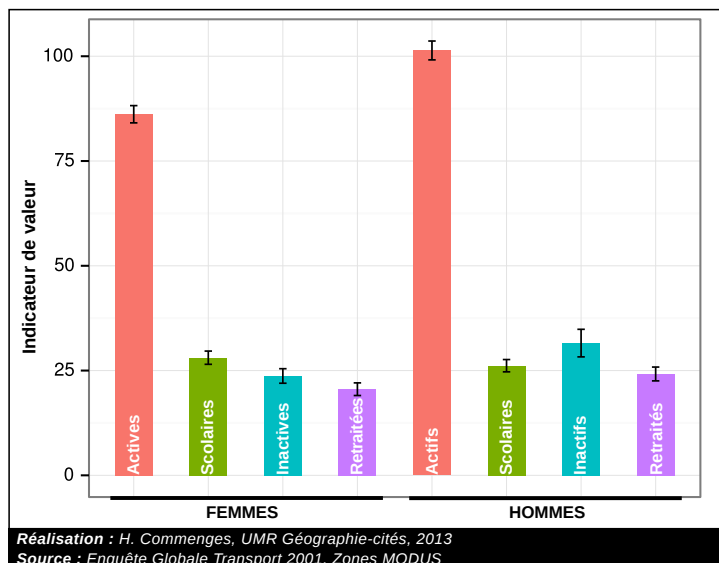


Fig 7.9 – Valeur des individus vis-à-vis des critères du PPT

Les autres catégories ont une valeur représentant environ le quart de celle des actifs pour les hommes et le tiers pour les femmes. Parmi ces catégories peu prises en compte, il existe des différences homme / femme significatives : chez les inactifs avec un indicateur de valeur de 32 et de 24 respectivement, et chez les retraités avec un indicateur de 24 et de 20 respectivement. La seule catégorie pour laquelle ces différences ne sont pas significatives est celle de scolaires et étudiants.

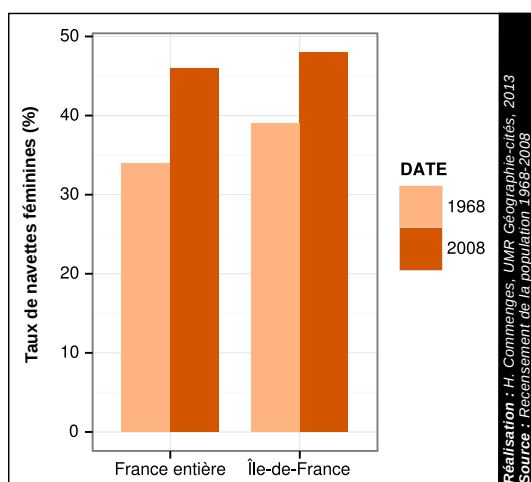


Fig 7.10 – Évolution des navettes domicile-travail entre 1968 et 2008

Les individus qui capitalisent la valeur évaluée par les critères du PPT sont les actifs motorisés qui franchissent les zones de planification. En considérant les navetteurs, tels que définis dans le recensement de la population, comme *proxy* de l'actif motorisé qui se déplace sur

Cette dernière analyse consiste à faire la somme pour chaque individu de la valeur des déplacements qu'il réalise. La Figure 7.9 représente la moyenne de cet indicateur pour les huit catégories de population étudiées. Cette moyenne donne un ordre de grandeur global de la prise en considération des individus par les critères du PPT, et les différences sont frappantes. Sans surprise les actifs occupés se démarquent largement des autres catégories de population avec, au sein de cette catégorie, une différence homme (101) / femme (86) significative.

Tous les résultats présentés jusqu'à maintenant reflètent l'état de la situation en 2001-2002. Or le processus de planification des transports tel qu'il est décrit ici prend naissance durant les années 1960. Un retour sur des séries historiques donnerait une idée de la prise en compte différenciée des individus, en particulier des différences hommes / femmes. Les enquêtes de mobilité des années 1960 n'ont jamais été numérisées, mais il est possible de se faire une idée grâce aux données sur les navettes produites par le recensement de la population, dont la plus ancienne édition complète et numérisée remonte à 1968.

une certaine distance, on peut affirmer que le différentiel homme / femme de prise en considération dans le PPT était bien plus important dans les années de mise en place de l'ingénierie des transports. En 2008, le taux de navettes féminines est de 46 % pour la France entière et 48 % pour l'Île-de-France ; en 1968 ces proportions sont de 34 et 39 % respectivement. Ces chiffres ne donnent une idée que du nombre de navetteurs mais d'autres critères rentrent en compte, le premier étant celui de la distance. Les femmes actives parcourent des distances inférieures à celles des hommes, fait largement documenté dans plusieurs agglomérations depuis les travaux fondateurs de [Hanson et Johnston \(1985\)](#) et [Hanson et Pratt \(1988\)](#). Moins nombreuses et parcourant des distances inférieures, elles sont automatiquement moins prises en compte que les hommes actifs qui constituent le gisement de gains de temps dans lequel vont puiser les évaluations économiques.

Conclusion

Ce chapitre a présenté les grandes lignes théoriques de l'évaluation économique des politiques de transport (règles de composition) et les a appliquées à l'Enquête Globale Transport pour donner une idée de l'image des pratiques de mobilité qui en ressort (prise de vue). Certaines pratiques sont exclues d'office du PPT : l'immobilité et la mobilité non motorisée ; d'autres sont incluses mais restent en arrière plan ; d'autres enfin, comme la mobilité en heure de pointe pour motif de travail, occupent le devant de la scène.

Les règles de composition explicitées dans ce chapitre prennent naissance dans le dispositif de modélisation et dans le dispositif d'évaluation. L'interdépendance entre ces deux dispositifs, déjà mentionnée dans le Chapitre 3, est frappante. Dans les quatre règles présentées dans la Section 7.1, la prise en compte ou l'exclusion d'un certain type de pratique est rarement le fait du seul dispositif de modélisation ou d'évaluation, elle tient toujours à l'interaction entre les deux dispositifs.

Les individus ont des pratiques de mobilité différenciées et ces pratiques mettent en jeu des espaces différents. Valoriser un certain type de déplacements par rapport aux autres revient donc à valoriser certains individus et certains espaces plus que d'autres. L'inégale prise en compte des différents types déplacements dans le PPT a donc nécessairement des implications sociales et des implications spatiales. Le modèle présenté dans le Chapitre 8 vise à mettre en scène ces effets spatiaux résultant de l'application systématique des critères du PPT.

Il serait également intéressant de faire l'examen des effets sociaux du processus de planification des transports. Il s'agirait, comme l'a proposé Karel Martens ([2006](#), [2008](#), [2011](#)), d'examiner si le PPT a un effet systématique sur l'inégale distribution des avantages d'accessibilité parmi la population. La question, qui s'inscrirait dans la suite logique de ce chapitre, n'est pas développée ici. C'est une piste pour des recherches futures.

Modélisation du processus de planification des transports

Introduction	258
8.1 Les liens entre les instruments de la socio-économie des transports et les caractéristiques des réseaux	260
8.1.1 Des infrastructures au service de l'automobile ?	260
8.1.2 Des réseaux faits de lignes radiales ?	264
8.1.3 Choisir une approche adaptée aux questions posées	267
8.2 Un modèle de simulation de l'évolution des réseaux de transport	274
8.2.1 Description des mécanismes du modèle	275
8.2.2 Quel modèle de référence pour comparer ?	280
8.2.3 Niveau d'observation et initialisation	281
8.2.4 Quels indicateurs pour évaluer le modèle ?	282
8.3 La génération d'un réseau de transport comme support de réflexion	285
8.3.1 Reproduire la « forme universelle »	285
8.3.2 Une technique de planification au service des axes dominants	290
8.3.3 Une technique de planification au service du mode culturellement dominant	293
Conclusion	296

Introduction

Les deux premières parties de la thèse s'intéressent aux aspects performatifs des instruments de la socio-économie des transports relatifs à l'idée *mobilité quotidienne*. Cette troisième partie se focalise sur les aspects performatifs de ces instruments relatifs à l'objet *mobilité quotidienne*, c'est-à-dire sur les pratiques effectives de mobilité. Il s'agit d'examiner le rôle de ces instruments dans la mise en place de réseaux, supports et services, de transport ⁸⁰.

Les discours sur les réseaux de transports - discours politiques, techniques, médiatiques - se focalisent principalement sur deux aspects : la question du mode de transport et la question du tracé. La première question est au centre de l'attention depuis l'essor de l'automobile. La phrase d'Edgard Pisani (1966) citée dans l'introduction générale en donne la couleur : « voici l'automobile individuelle [...] il n'est qu'un moyen de se libérer de son empire, c'est de lui faire dans l'aménagement de nos cités la place qui lui revient. Elle sera obsédante dans la mesure où elle sera insatisfaite. » Certaines personnes interrogées dans le cadre de la thèse (cf. Section 1.3) affirment que les instruments de la socio-économie des transports ont joué un rôle majeur dans le développement des infrastructures routières, aux dépens des réseaux de transport public. C'est l'idée, proposée par Dupuy (1975, p.69), que ces instruments sont voués à la « reproduction élargie du système économique route-automobile. »

La question des tracés est également très présente dans les discours politiques et techniques. Elle trouve un écho partiel dans la société civile qui peut se mobiliser, ponctuellement et localement, pour appuyer ou rejeter certains tracés. La réflexion sur la forme globale d'un réseau de transport doit donc être recherchée en priorité dans les documents politiques et techniques. Les infrastructures de transport proposées dans le cadre du Grand Paris ont récemment ravivé cette réflexion, en particulier en ce qui concerne le tracé radial ou circulaire des lignes de transport public. Certains chercheurs (Larroque *et al.* 2002, Padeiro 2009) ont soutenu l'idée que la forme des réseaux était une affaire de (non) coordination entre les acteurs politiques impliqués. Cette explication politique ne doit pas éluder la question technique : les instruments de la socio-économie des transports jouent-ils un rôle dans la mise en forme des réseaux de transport ?

Ce chapitre examine ces deux questions : les instruments de la socio-économie des transports favorisent-ils un mode aux dépens d'un autre (le véhicule particulier aux dépens du transport collectif) ? Favorisent-ils une forme aux dépens d'une autre (tracés radiaux aux dépens des tracés circulaires) ? L'enjeu de ces questions est double. Le premier enjeu concerne les impératifs d'économie d'énergie et de réduction des émissions qui, selon les documents législatifs en vigueur, passent par une « diminution du trafic automobile » (cf. Section 6.2). Peut-on atteindre un tel objectif avec des instruments qui ne seraient qu'une « technique de planification au service de l'automobile » (Dupuy 1975) ?

80. Le terme de *réseau-support* désigne l'infrastructure matérielle du réseau, le *réseau-service* désigne le service final rendu à l'utilisateur par l'intermédiaire du réseau (Curien 1993, Offner et Pumain 1996).

Le second enjeu concerne l'organisation spatiale des espaces urbains et pose le problème de l'équité territoriale. Si la mobilité quotidienne est canalisée par les réseaux (Dupuy 1987), la forme de ces réseaux a un impact certain sur l'accessibilité et sur les flux observés. Un réseau constitué d'un ensemble de lignes radiales renforcera nécessairement la polarisation de l'espace. Un réseau en étoile, très centralisé et très peu maillé, se traduit par des inégalités d'accessibilité maximales. Il est donc crucial de questionner les aspects performatifs des instruments de la socio-économie des transports sur la forme des réseaux.

Ce chapitre propose un exercice de modélisation conçu à partir des conclusions posées au long de cette thèse sur les instruments de la socio-économie des transports. Il mobilise en effet l'analyse historique réalisée dans la première partie, en particulier la description des dispositifs de modélisation et d'évaluation économique. Il mobilise également l'examen des critères de planification des transports mis en évidence dans le Chapitre 7.

De nombreux auteurs ont déjà critiqué les instruments de la socio-économie des transports, soit pour remettre en cause leur pertinence (critiques émanant d'auteurs culturellement opposés à la modélisation et à l'évaluation économique), soit pour les améliorer (critiques émanant des modélisateurs eux-mêmes). L'angle d'approche proposé dans ce chapitre est bien différent : il s'agit d'extraire des instruments de modélisation et d'évaluation économique les mécanismes les plus fondamentaux et de les appliquer systématiquement à un espace théorique. Le modèle proposé ici ne cherche pas à mettre en évidence les oublis ou les faiblesses de ces instruments, il vise à en dégager la substance élémentaire pour comprendre le rôle qu'ils peuvent jouer dans la mise en forme de l'objet *mobilité quotidienne*.

8.1 Les liens entre les instruments de la socio-économie des transports et les caractéristiques des réseaux

« Il faut créer la symphonie pastorale des routes de France. »

LE CORBUSIER, (1941)

8.1.1 Des infrastructures au service de l'automobile ?

Les décennies de l'entre-deux-guerres sont riches de discours, de manifestations et de publications sur le développement routier et autoroutier. À partir des années 1920, les questions de liaisons inter-urbaines, d'accès aux villes et de circulation en ville font l'objet d'une grande attention. Les journées et congrès internationaux se multiplient dont certains s'intéressent spécifiquement aux autostrades (Gardon 2009). Malgré cet intérêt croissant, qui peut s'exprimer par de véritables odes à la route et à l'autoroute, seulement 188 kilomètres d'autoroutes sont construits entre les années 1920 et la fin des années 1950.

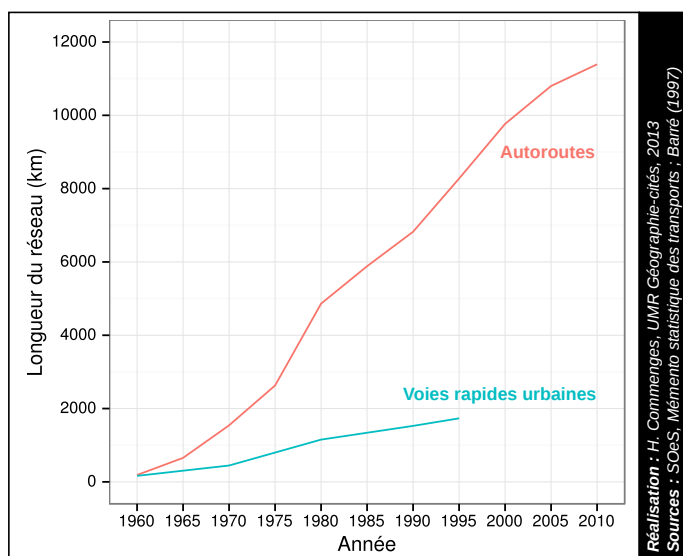


Fig 8.1 – Évolution des réseaux autoroutiers

en France. Ensuite, cette croissance n'affecte pas n'importe quel type d'infrastructures, mais justement les infrastructures privilégiées du calcul économique : voies rapides de liaison et d'accès aux villes. Il est donc légitime de poser la question du rôle que les instruments de l'ingénierie du trafic ont joué dans la composition de « la symphonie pastorale des routes de France » (Le Corbusier 1941).

81. La période prise en compte s'arrête en 1995 parce que les données utilisées sont celles de Barré (1997). Les données des annuaires statistiques des transports ne distinguent pas les voies rapides urbaines des autoroutes de liaison.

Cette question est posée directement à ceux-là même qui ont participé au développement de ces infrastructures. Le corpus d'entretiens constitués dans le cadre de la thèse est en effet constitué d'un certain nombre d'ingénieurs-économistes du corps des Ponts et Chaussées (cf. Section 1.3). Ces derniers ont contribué, durant les années 1960-1970, au développement et à la consolidation des instruments de la socio-économie des transports. Ils ont participé à la planification d'un grand nombre d'infrastructures, routières en particulier. Ils n'ont cessé de s'interroger sur leurs pratiques qu'ils ont confrontées à l'évolution des discours sur les modes de transport (Commenges 2013a). À la question posée, ces ingénieurs-économistes répondent effectivement que les instruments de la socio-économie des transports ont joué un rôle majeur dans le développement des infrastructures routières, aux dépens des réseaux de transport public.

L'idée qu'ils développent rejoint celle, proposée par Dupuy (1975), que ces instruments sont voués à la « reproduction élargie du système économique route-automobile ». Ainsi, Olivier Paul-Dubois-Taine parle de l'ambiguïté des modèles :

« Il y avait une très grosse ambiguïté dans ces modèles, c'est qu'on avait copié sans s'en apercevoir la finalité des modèles à l'américaine. Or, ces modèles ont été conçus pour permettre aux ingénieurs de justifier leurs projets d'infrastructures routières. »

Entretien avec Oliver Paul-Dubois-Taine, 15 avril 2011.

Jean-Gérard Koenig renchérit, en mettant en avant le lien entre ces instruments et la promotion du mode automobile :

« Il y a une difficulté qui n'a jamais été complètement éclaircie, qui est le fait que, même si on essaie de prendre en compte les coûts sociaux, le bruit ... les études économiques donnent un poids considérable au surplus de l'utilisateur [cf. Section 7.1.4], et ça bride toujours les politiques de transport. Tous ceux qui essayaient de promouvoir les politiques alternatives étaient conduits à refuser, à contester la doctrine classique du surplus de l'utilisateur. Pour moi ce débat n'a jamais été vraiment tranché [...]

Les modèles utilisés valorisaient fortement un aspect, celui du surplus de l'utilisateur, qui, lorsqu'on faisait les études économiques, conduisait à valoriser la voiture. Dans un certain nombre d'esprits, une sorte de lien direct s'est établi : l'intérêt économique, c'est le tout-voiture. Et on a essayé d'expliquer que non, que ça n'était pas une question d'idéologie mais seulement une application de la théorie économique classique. »

Entretien avec Jean-Gérard Koenig, 13 juin 2011.

L'analyse de Dupuy (1975) vise précisément à établir ce lien entre le développement de l'automobile et les modèles de l'ingénierie du trafic. Toute l'attention est portée sur son travail intitulé *Une technique de planification au service de l'automobile* (1975).

C'est en effet le premier et un des rares écrits qui s'intéresse à la fonction (et non au fonctionnement) des instruments de la socio-économie des transports. En outre, son analyse s'est diffusée parmi un grand nombre d'acteurs de la socio-économie des transports dont certains, interrogés dans le cadre de la thèse, le citent explicitement.

Dupuy commence par poser deux préalables : d'abord, la valeur d'échange de l'automobile est étroitement liée à la qualité du réseau routier puisque, plus le réseau routier est efficace, plus la valeur d'usage de l'automobile est importante. Ensuite, au moins deux acteurs de poids ont intérêt à assurer la croissance du secteur automobile (qui passe par le développement des infrastructures routières) : l'industrie automobile et l'État qui en fait le fer de lance de sa politique de modernisation et de croissance. La fonction finale du modèle de trafic ne serait donc pas de résoudre des problème de transport mais de « déterminer les infrastructures permettant un développement de la circulation motorisée » (p.135). En d'autres termes, la fonction idéologique du modèle est d'assurer la croissance de la circulation automobile.

Par quels moyens remplit-il cette fonction ? Selon Dupuy, les aspects performatifs ou « idéologiques » du modèle de trafic sont principalement les suivants :

1. **La distinction entre l'étape de génération et l'étape de distribution** (cf. Section 2.1.2). L'intérêt de la démarche serait qu'elle permet de faire une prévision des flux indépendamment du trafic existant. À la différence des méthodes antérieures qui ne faisaient que prolonger les tendances, les modèles à quatre étapes prévoient donc un besoin de trafic même sur des liaisons où il n'y avait aucun trafic existant au préalable.
2. **L'introduction du coût généralisé dans la formule gravitaire** (cf. Section 3.2.2, Section 3.2.3). Les infrastructures planifiées dans le contexte américain, puis dans le contexte français, sont des voies rapides. Dans un modèle gravitaire dont la friction est représentée par la distance à vol d'oiseau, une voie rapide en projet recevra un trafic prévisionnel équivalent à celui des infrastructures existantes qui ne sera fonction que de la distance. En revanche, si la friction est représentée par le coût généralisé (ou le temps), tout le trafic prévisionnel sera affecté à la nouvelle infrastructure qui, par construction, est plus rapide que les infrastructures existantes.

Le modèle, par le truchement de ces deux mécanismes, garantit que le réseau projeté aura le dimensionnement maximal tout en restant réaliste. Il favorise l'automobile aux dépens des modes collectifs « parce qu'elle va plus vite et que l'on attribue au temps gagné une valeur relativement élevée » (p.126). Dupuy souligne ensuite « l'absence de validité théorique de ce concept de valeur du temps » (p.127) et explique son maintien dans les modèles de trafic « en raison de l'importance de la réduction du temps de parcours comme facteur inducteur de circulation. » On comprend que plus la valeur du temps est élevée,

plus les voies rapides projetées vont attirer de trafic dans le modèle prévisionnel, de façon absolue mais aussi relativement au transport collectif.

Le procès est sans appel et justifie pleinement le titre du rapport de Dupuy : les instruments de la socio-économie des transports constitueraient « une technique de planification au service de l'automobile ». Cette conclusion doit être replacée dans le débat, qui existe depuis les années 1960 sur l'utilité des investissements dans les infrastructures routières (cf. Section 7.1.4). Martin Mogridge (1997) en fait une synthèse qui l'amène à parler de la nature contreproductive (*self-defeating nature*) des politiques publiques d'augmentation de la capacité des infrastructures routières. Ce type de politiques a été taxé par Susan Owens (1995) et d'autres à sa suite de « predict-and-provide philosophy ». Cette « philosophie » est résumée par un axiome très simple (Goodwin 1997a) : « first we forecast how much traffic there will be, and then we build enough road space to accommodate it. »

La formulation de cette philosophie *predict-and-provide* par Owens (1995, p.44) interroge le rôle des instruments : « demands are projected, equated with need and met by infrastructure provision [...] this philosophy has underpinned the process of traffic forecasting and has provided its main rationale ». Dupuy prend donc le revers de ce raisonnement : l'objectif final est de construire de l'infrastructure pour créer le besoin en automobiles, ce qui passe par une prévision de la demande.

Enfin, alors que l'approche *predict-and-provide* est *a priori* amodale, dans les faits, elle s'applique principalement à l'automobile. Aux États-Unis et dans les pays d'Europe occidentale, elle s'est traduite par une croissance spectaculaire des infrastructures routières. Pourtant, dans les travaux mentionnés, peu d'explications sont données sur cette prépondérance du mode automobile qui, selon Koenig, « n'a jamais été totalement éclaircie ». Pourquoi est-ce que « l'intérêt économique, c'est le tout-voiture » ? Les seules explications avancées concernent la partition des coûts externes et internes. Du point de vue de la collectivité, certains coûts externes (bruit, pollution, consommation d'espace) sont bien supérieurs pour le véhicule particulier que pour le transport collectif. Leur non prise en compte avantage nécessairement l'automobile dans les analyses coût-bénéfice.

L'explication est valide mais elle reste partielle. A partir des années 1990, de nombreux travaux ont été réalisés dans le cadre de la Conférence Européenne des Ministres des Transports (CEMT 1994), du PREDIT et du Commissariat au Plan sur l'internalisation des coûts sociaux du transport (Rousselot et Ollivier-Trigalo 2005)). En France, le rapport Boiteux de 2001 procède à l'internalisation de certains de ces coûts mais ces modifications ne suffisent pas, la balance penche toujours du côté de l'automobile.

La première question qui se pose est donc la suivante : les instruments de la socio-économie des transports sont-ils techniquement associés à l'automobile ? La « reproduction élargie du système économique route-automobile » est-elle contenue dans ces instruments ? La question peut être formulée en filant la métaphore de Le Corbusier : ces instruments

ont clairement orchestré la « symphonie pastorale » des routes et autoroutes, mais ont-ils participé à la composition de cette symphonie ?

8.1.2 Des réseaux faits de lignes radiales ?

La seconde question porte sur la forme des réseaux. Il s'agit d'une question rémanente, qui a récemment resurgi avec force lors des projets de transport du Grand Paris. En 2007, au début de son mandat, Nicolas Sarkozy relance l'idée, déjà ancienne, du Grand Paris. En 2010 est créée la Société du Grand Paris dont la mission est d'assurer la conception des grands projets d'infrastructures de transport. Ce projet, qui prend plusieurs noms (Double Boucle, Grand Huit, Grand Paris Express), remet au goût du jour la question des rocade ferrées (Desjardins 2010). Il renvoie, en premier lieu, à l'époque de la révision du Schéma Directeur de la Région Île-de-France (SDRIF) au début des années 1990. Plusieurs acteurs impliqués dans la planification des transports, la DREIF, l'APUR et l'IAURIF avaient alors publié un livre blanc, intitulé *Rocade des pôles*, préconisant la réalisation d'une « rocade ferrée dans le bassin central pour mailler les lignes radiales » (cité par Navarre 2010, p.3). Ce livre blanc reprenait l'idée d'une double rocade : la rocade "Orbitale" qui circulerait en proche couronne, dans l'agglomération dense ; la rocade "Interpôles" ou "Ring", qui desservirait la moyenne banlieue.

L'idée de la rocade Orbitale remonte aux années 1980, à l'époque de la conception de deux autres projets d'infrastructures radiales : Éole (RER E) et Meteor (Ligne 14 du métro) (IAURIF 1992). Mais la volonté de réaliser des infrastructures circulaires, routières ou ferrées, pour mailler le réseau radial est en fait bien plus ancienne. Elle est explicitée dans la première mouture du Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Île-de-France de 1976 (PRIDF et SRERIF 1976, p.13), qui reprend des recommandations énoncées dans le Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région de Paris de 1965 (DRP 1966, p.88)⁸² : « il est donc nécessaire de constituer un réseau adapté à cette agglomération telle qu'elle est. Il s'agit bien d'un réseau, et non pas d'un faisceau de radiales. »

Ce retour historique débouche sur un constat important pour la suite : les documents de planification des transports insistent depuis les années 1960 sur la nécessité de construire des infrastructures de transport circulaires. Cette insistance doit être confrontée au développement effectif du réseau francilien depuis cette date, ce que fait Danièle Navarre dans une récente note de l'IAU-IdF (2010). Le constat est assez net : depuis un demi-siècle on planifie des rocades et on réalise des radiales.

Larroque *et al.* (2002) puis Padeiro (2009) ont proposé deux grandes voies d'explication pour comprendre ce décalage : d'une part, la rentabilité socio-économique du projet nécessite « une certaine concentration des flux sur des espaces ou des corridors précis »

82. Ces deux documents sont disponibles sur le site de la DREIA : <http://www.driea.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/le-schema-directeur-de-la-region-r1651.html>.

(Padeiro 2009, p.83) qui existe sur les tracés radiaux entre Paris et la banlieue mais pas sur les tracés circulaires. D'autre part, le réseau s'est construit par une succession de prolongations au coup par coup, la planification globale du réseau nécessitant une coordination entre acteurs politiques qui a toujours fait défaut.

Une autre voie d'explication a été proposée par des travaux issus de la physique (Latora et Marchiori 2002, Angeloudis et Fisk 2006, Lee *et al.* 2008, Zhang *et al.* 2011, Roth *et al.* 2012), qualifiée par la suite d'explication *naturaliste*. Ces travaux s'appliquent le plus souvent à des réseaux ferrés intra-urbains, en particulier des réseaux de métro (cf. Figure 8.2). Voici les objectifs de l'article de Roth *et al.* (2012), qui est celui qui va le plus loin dans ce type d'explication. À partir d'une étude exploratoire de l'évolution de 14 grands réseaux de métro (plus de 100 stations), les auteurs concluent « all these networks converge to a shape that shares similar generic features despite their geographical and economic differences [...] The apparent convergence towards a unique network shape in the temporal limit suggests the existence of dominant, universal mechanisms governing the evolution of these structures. ». Cette structure commune à tous les réseaux est illustrée par une forme stylisée (cf. Figure 8.2, [1]) qui comprend un centre maillé (*core*), des branches et des embranchements (*forks*). Cette « forme universelle » renvoie au débat sur les rocade ferrées en Île-de-France : tous ces réseaux sont constitués d'un ensemble de lignes radiales qui se rejoignent en un centre maillé.

Ainsi, depuis un demi-siècle, c'est-à-dire depuis l'introduction et la diffusion de ces instruments, les discours mettent en avant la nécessité de réaliser des rocades mais les infrastructures effectivement réalisés sont des radiales.

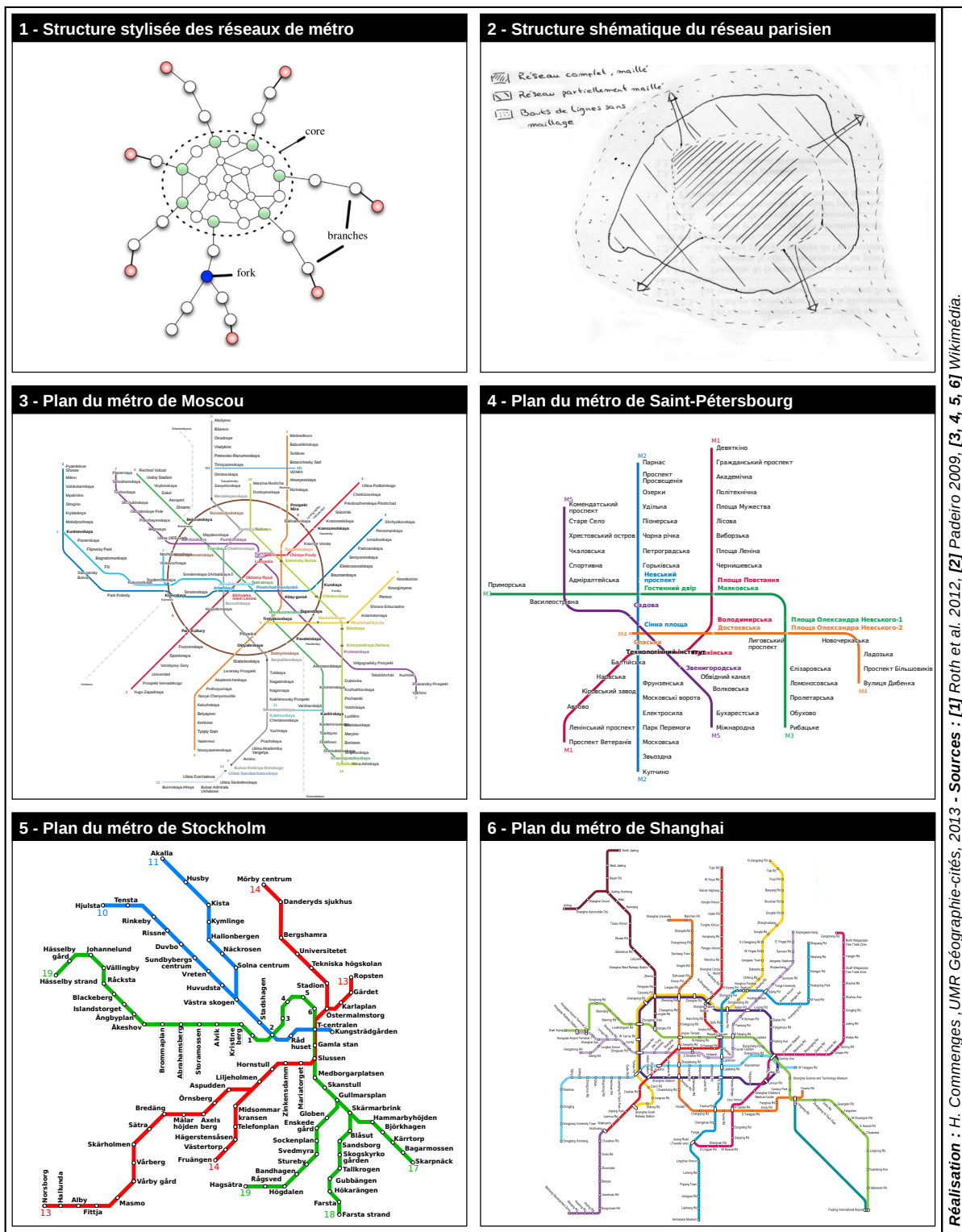


Fig 8.2 – Structure de quelques réseaux de métro

8.1.3 Choisir une approche adaptée aux questions posées

Les sections précédentes posent donc deux questions concernant les instruments de la socio-économie des transports : ces instruments tendent-ils à générer des réseaux pour un certain mode de transport et tendent-ils à générer une certaine forme de réseau ? Plusieurs approches seraient envisageables pour explorer ces questions. L'approche proposée ici est un modèle de simulation de l'évolution des réseaux de transport. Une brève présentation des travaux s'intéressant à l'évolution des réseaux est nécessaire pour justifier ce choix.

Une grille de lecture pour présenter l'éventail de choix

L'évolution des réseaux techniques a fait l'objet de nombreux travaux : certains se situent à un haut niveau de généralité (Dupuy 1987, Offner 1993a), d'autre s'intéressent précisément à un certain type de réseau : les réseaux de transport (George 1968, Pumain 1982, Dancoisne 1984, Ribeill 1985, Debrie 2007), les réseaux électriques (Coutard 1997; 2001) ou encore les réseaux téléphoniques (Martin 1988). La littérature américaine est prolifique en ce domaine : s'il ne fallait citer qu'un seul ouvrage, ce serait celui de Fogel (1964) qui marque un tournant dans le domaine de l'économie historique des réseaux ferrés. Ces travaux s'intéressent aux interactions entre l'évolution du réseau et les contextes technique, politique, social, économique dans lesquels il s'inscrit. Ils peuvent être de nature idiographique ou nomothétique, ils peuvent mobiliser des outils mathématiques (graphes, modèles statistiques) mais ils sont peu modélisateurs.

À côté de ce premier bloc, un vaste ensemble de travaux proposent des « démarches modélisatrices »⁸³. La Figure 8.3 présente une grille de lecture visant à étiqueter différents aspects d'une démarche de modélisation. Elle s'inspire de figures synthétiques comparables, en particulier de la typologie de modèles d'analyse spatiale présentée par Durand-Dastès (2001) et de l'état de l'art dressé par Padeiro (2006). Un simple coup d'œil à l'ensemble des catégories utilisées suffit pour se rendre compte de l'étendue de la revue de la littérature nécessaire pour introduire le modèle. Chacune des cinq catégories (Objet, Formalisation, Temporalité, Spatialité, Théorie/Empirie), voire chacun des items de chacune des cinq catégories pourrait à lui seul faire l'objet d'un examen approfondi. L'organisation en catégories et en items donne une vision globale de démarches de modélisation composites.

La première catégorie (**Objet**) fait référence au contenu et à l'objectif de la modélisation. Les modèles de prévision de la demande de transport sont les traditionnels modèles à quatre étapes dont il a été souvent question dans cette thèse. Les modèles d'interaction entre transport et espace, connus dans la littérature anglo-saxonne sous l'acronyme

83. Il est ici impossible de se lancer dans une tentative de définition des notions de *modèle* et de *modélisation* en même temps qu'il est nécessaire d'en dire deux mots. Les démarches dites modélisatrices par la suite sont celles qui répondent à la définition de Minsky (1965) : « to an observer B, an object A* is a model of an object A to the extent that B can use A* to answer questions that interest him about A. »

LUTI (*Land Use and Transport Interaction*), considèrent l'action réciproque du réseau de transport sur le mode d'occupation de l'espace et du mode d'occupation de l'espace sur le réseau de transport. Les modèles d'évolution du réseau de transport s'attachent à décrire et/ou expliquer et/ou prévoir le développement d'un réseau de transport au cours du temps. La différence principale entre ces trois grands domaines de modélisation tient à la place qu'ils assignent au réseau de transport. Dans les trois cas, le réseau est un objet exogène qui est introduit dans le modèle, mais c'est l'évolution du réseau qui est traitée différemment. Dans le premier et dans le deuxième cas, l'évolution du réseau est un paramètre d'entrée que le modèle permet de tester. Dans le troisième cas l'évolution du réseau est générée de façon endogène, c'est l'objet même de la modélisation.

La deuxième catégorie (**F**ormalisation) désigne les différentes méthodes utilisées pour formaliser la nature et les relations des objets modélisés. Deux éléments doivent être précisés à ce propos : le niveau de généralité des items et la relation entre items. Chaque item est générique et constitue en soi un domaine qui pourrait être largement détaillé tant du point de vue du formalisme que du point de vue de l'usage qui en est fait : la régression statistique peut être linéaire ou logistique, peut s'appliquer à des individus, des ménages ou des zones. L'interaction spatiale englobe les modèles de gravité, d'opportunités interposées et tout leurs dérivés, il peut s'agir de modéliser des flux ou des potentiels. Plusieurs formalismes peuvent être utilisés au sein d'une même approche de modélisation. Un modèle à quatre étapes utilisera de la régression statistique et des modèles d'interaction spatiale, un système multi-agent pourra intégrer des procédures de maximisation de l'utilité ou des algorithmes de calcul de plus courts chemins sur un graphe par exemple.

Les troisième et quatrième catégories (**T**emporalité et **S**patialité) ont été largement discutées. Un coup d'œil à d'autres états de l'art de ce type de travaux permet d'évaluer les grandes disparités et la variété des termes employés. Miguel Padeiro (2006) place un ensemble de travaux sur l'interaction transport-espace sur un graphique à deux axes : échelle temporelle et échelle spatiale. Dans ce graphique, le temps court s'étend jusqu'à 10-15 ans, le temps moyen de 20 à 100-150 ans et le temps long au-delà de 150 ans. En comparaison, la synthèse bibliographique dressée par Raux *et al.* (1988) considère que le court terme est inférieur à 3 ans, le moyen terme inférieur à 5 ans et le long terme au-delà de 5 ans. Dans un travail sur le choix modal, P.B. Goodwin (1985) distingue trois horizons temporels en fonction de la résistance au changement de mode de transport : 2 ans (changements marginaux), 10 ans (modifications des conditions de vie) et 50 ans (modification de la population). Ces trois exemples suffisent à montrer la difficulté de définir une échelle temporelle dans le cadre d'un état de l'art. En effet, il y a un emboîtement de deux échelles temporelles : celle qui est définie dans chacune des études recensées, qui dépend étroitement de son objectif propre, et celle de l'état de l'art qui vise à regrouper ces études dans une grille commune. Concernant l'échelle spatiale, Padeiro distingue quatre niveaux : infra-urbain, agglomérationnel, système de villes et régional/transrégional. Les niveaux adoptés dans la Figure 8.3 sont similaires, mais le néologisme « agglomérationnel » est remplacé par « infra-métropolitain ». En

effet, le terme « agglomération » est utilisé, en particulier dans les documents techniques, pour désigner le *continuum* urbanisé, alors que les périmètres de planification des transports sont souvent des espaces métropolitains composés d'une agglomération centrale et d'espaces intersticiels plus ou moins importants.

La cinquième catégorie (**Théorie / Empirie**) se réfère au rapport entretenu par le modèle à ces deux domaines. Un modèle appliqué à un espace réel, calibré sur des données empiriques, dont la validation repose sur une comparaisons avec des données empiriques et qui ne s'appuie pas sur une théorie particulière, en somme un modèle purement instrumental, est classé ici comme empirique. C'est le cas des modèles à quatre étapes de première génération, c'est le cas plus généralement dans d'autres domaines de l'ingénierie des réseaux ([Chatzis 1997](#)) avant l'introduction des procédures économétriques fondées sur l'utilité. Un modèle appliqué à un espace stylisé, dont la validation ne repose pas sur une comparaison avec des données empiriques et qui se réfère explicitement à une théorie, est classé comme théorique. Entre les deux il y a un vaste domaine intermédiaire qui comprend des modèles appliqués à des espaces réels et calibrés sur des données empiriques mais faisant explicitement référence à une théorie. Il y a également les modèles appliqués à des espaces stylisés faisant référence à une théorie, mais calibrés et partiellement validés par une comparaison avec des données empiriques.

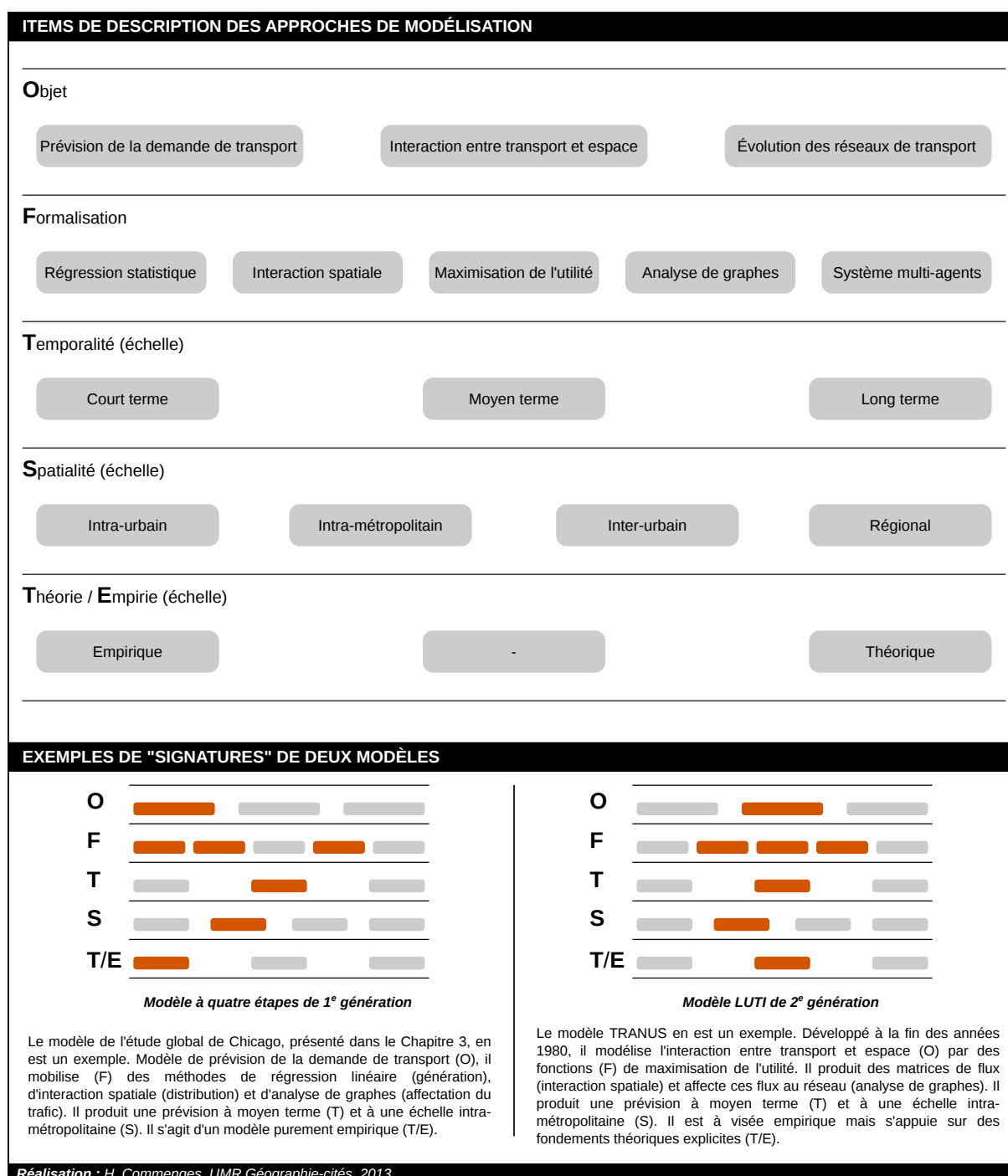


Fig 8.3 – Grille d'analyse de l'état de l'art

L'intérêt de cette grille de lecture est de bien montrer la différence entre trois types de modèles (cf. Figure 8.4). Les modèles de prévision de la demande de transport se focalisent sur les flux et considèrent les usages du sol et l'évolution du réseau comme des paramètres exogènes. À partir d'hypothèses sur l'évolution urbaine (exogène), ils permettent de tester la mise en place d'une infrastructure (exogène) sur les flux (endogène).












TYPE DE DÉMARCHE MODÉLISATRICE	Flux	Utilisation du sol	Réseau de transport
Prévision de la demande de transport			
Interaction transport-espace			
Évolution des réseaux de transport			
 Endogène  Exogène			
Réalisation : H. Commenges, UMR Géographie-cités, 2013			

Fig 8.4 – Comparaison de trois démarches modélisatrices

Les modèles d'interaction transport-espace souvent désignés par l'acronyme LUTI (*Land Use Transport Interaction*), forment un vaste ensemble de modèles aux caractéristiques diverses. Ils ont tous en commun de faire fonctionner dans la même boucle l'action du système de transport sur l'occupation du sol et l'action de l'occupation du sol sur le système de transport. Les modèles de transport classiques estiment des flux en fonction de la localisation de la population et des activités, en suivant l'idée générale énoncée par [Tobler \(1970\)](#) de la friction de la distance⁸⁴. Les modèles d'occupation du sol estiment la localisation des populations et des activités en fonction du système de transport, en suivant l'idée générale que l'accessibilité façonne l'occupation du sol. Si l'idée remonte à Von Thünen, son application à l'espace urbain date de la fin des années 1960 avec les travaux de Hansen ([1959](#)) et d'Alonso ([1960](#)).

Malgré la grande diversité de modèles de ce type ([Wegener et Fürst 1999](#), [Timmermans 2003](#), [Wegener 2004](#)), l'espace et le transport ne sont dynamiques que dans leur usage. Quand le module d'occupation du sol est formalisé par un automate cellulaire, les changements d'occupation sont des changements de propriétés des cellules, mais le nombre, la taille et la forme des cellules restent constants. Dans le module de transport, les flux qui transitent sur le réseau et leurs caractéristiques changent, mais ce ne sont que les attributs des liens qui changent, pas la taille et la structure du réseau. En d'autres termes, l'aspect dynamique de ces modèles n'affecte pas l'espace-support et le réseau-support mais seulement les propriétés de ces supports, ce en quoi la structure du réseau peut être considérée comme exogène.

La modélisation de l'évolution des réseaux de transport, c'est-à-dire de la structure de ces réseaux, constitue un domaine de recherche étroitement lié à la modélisation

84. Idée que [Tobler \(1970, p.236\)](#) considère être la première loi de la géographie : « Everything is related to everything else, but near things are more related than distant things. »

des interactions transport-espace mais clairement distinct. Dans ce type de démarche, l'évolution du réseau est endogène, elle est générée par des mécanismes touchant aux flux et à l'utilisation du sol.

Pour répondre aux deux questions posées en ce début de chapitre, la démarche non modélisatrice est exclue facilement : s'agissant de comprendre si les instruments de la socio-économie des transports ont un aspect performatif sur le mode et la forme des réseaux, il faut s'abstraire de tous les contextes politiques, sociaux, ... qui fourmillent de possibles explications. L'idée est d'examiner l'effet de ces instruments dans un espace vidé de toutes les complexités liées aux contextes, ce qui nous dirige vers une démarche modélisatrice correspondant à la définition de Minsky (cf. Note 83). Au vu des deux questions posées en exergue, le type de démarche qui s'impose logiquement est un modèle d'évolution qui génère un réseau de transport de façon endogène.

Les modèles d'évolution de réseaux

Les modèles d'évolution des réseaux, souvent appelés « réseaux dynamiques » (*evolving networks*) dans la littérature anglo-saxonne, constituent un domaine composite du point de vue des disciplines qui l'investissent. Il est possible de considérer ces modèles comme un domaine d'application de la théorie des graphes. Cependant, ce qui est une *théorie* du point de vue de la discipline mathématique n'est qu'un formalisme, voire une simple représentation graphique pour d'autres disciplines. En effet, des mathématiques à la physique en passant par la géographie et la sociologie des réseaux sociaux (SNA - *Social Networks Analysis*), le statut de la théorie des graphes est changeant et il n'y a pas à ce jour d'histoire « externaliste » (Desrosières 1993) et pluridisciplinaire de la théorie des graphes.

Si le statut de la théorie des graphes est ambigu, son acte de naissance est clairement daté : il s'agit du célèbre problème des sept ponts de Königsberg posé par Leonhard Euler au milieu du XVIII^e siècle⁸⁵. Le problème relève des mathématiques, mais thématiquement parlant il s'agit d'un problème de transport. Deux siècles plus tard, avec l'apparition des modèles de transport, c'est le formalisme des graphes qui sera utilisé pour représenter et manipuler le réseau et ses propriétés. C'est encore le cas, et c'est donc dans la théorie des graphes que s'inscrivent les recherches sur les réseaux dynamiques.

La plupart des modèles de réseaux dynamiques, quel que soit le champ disciplinaire dans lequel ils s'inscrivent, s'intéressent principalement à des processus de croissance (*growing networks*) et distinguent deux types de mécanismes (Wu 2009) : un mécanisme de croissance, c'est-à-dire d'apparition de nouveaux nœuds dans le réseau, et un mécanisme

85. La ville de Königsberg, actuellement Kaliningrad, est divisée entre quatre par le fleuve Pregel (deux rives et deux îles) et ces quatre parties de la ville sont reliées par un ensemble de sept ponts. Le problème d'Euler est de trouver un itinéraire qui emprunte chacun des sept ponts une seule fois et revient à son point de départ.

d'attachement, c'est-à-dire d'apparition de nouveaux liens dans le réseau. Dans une acception plus générale, un réseau dynamique est un réseau qui évolue au cours du temps : cette évolution peut affecter les nœuds et/ou les liens, et elle peut toucher à l'existence de ces objets (apparition, disparition) ou bien à leurs propriétés. L'un des modèles de réseau dynamique les plus cités dans la littérature, le modèle d'attachement préférentiel (Barabási et Albert 1999), combine plusieurs de ces mécanismes d'évolution : croissance (apparition de nouveaux nœuds), attachement (apparition de nouveaux liens) et évolution des propriétés des nœuds (degré).

Le premier modèle de génération d'un réseau de transport est sans doute celui de Garrison et Marble au début des années 1960⁸⁶ (Garrison 1990) qui présente un modèle générant un réseau ferré inter-urbain avec un modèle itératif très simple : à chaque itération un lien est construit qui connecte la principale ville non encore connectée.

Au début des années 1970, Black (1971) publie une synthèse de son travail de thèse, dans lequel le réseau est construit itérativement par un mécanisme d'investissement sur les liens assurant le plus grand profit, c'est-à-dire les liens où le trafic potentiel est le plus fort.

À notre connaissance, aucun modèle générant un réseau de transport n'a été retrouvé entre les années 1970 et le début des années 2000. La plus grande partie des modèles d'évolution des réseaux de transport a été réalisée à partir des années 2000 sous l'égide de D. Levinson dans une série d'articles (Yerra et Levinson 2005, Xie et Levinson 2008; 2009) dont la plupart sont réunis dans l'ouvrage de Xie et Levinson (2011). Malgré une certaine diversité, la plupart de ces modèles ont une structure commune et s'intéressent au réseau routier. Ils se composent d'un ensemble de sous-modèles exécutés successivement, sur un espace théorique :

1. Modèle de demande de transport. Il s'agit d'un modèle à quatre étapes simplifié qui estime la demande de transport et l'affecte au réseau. La demande générée et attirée par chaque nœud est fonction de l'occupation du sol, elle est distribuée par un modèle gravitaire puis affectée au réseau selon la méthode du tout-ou-rien.
2. Modèle de revenu. Il estime le revenu produit par chaque lien en multipliant le flux par une valeur forfaitaire de péage.
3. Modèle de coût. Il estime le coût de maintien d'un lien en fonction (croissante) du flux, de la vitesse et de la longueur.
4. Modèle d'investissement. Il traduit la différence entre le revenu généré par le lien et son coût de maintien. S'il dégage un revenu, celui-ci est réinvesti, ce qui se traduit par une augmentation de la vitesse. S'il est déficitaire, il n'est pas maintenu et sa vitesse chute.

86. Le rapport de Garrison et Marble est un document très souvent cité, mais il s'agit d'un rapport non publié qui n'a pas pu être consulté dans le cadre de cette thèse.

Les auteurs exécutent ces modèles et s'intéressent en sortie à la structure du réseau produit par ces mécanismes. Ils cherchent à montrer que la hiérarchie dans un réseau de transport est une propriété émergente, contrairement à l'idée reçue qui voudrait que la hiérarchie soit le résultat d'une planification (Yerra et Levinson 2005). Ils parviennent effectivement à générer cette propriété au niveau du réseau à partir de règles locales.

Les approches de Black et de Levinson ont en commun de considérer que le flux qui transite sur un lien du réseau est traduisible en termes de revenu et que l'investissement se porte sur le lien qui génère le revenu le plus important. Ils ont également en commun de rester très évasifs sur la correspondance entre le domaine du modèle, le domaine empirique et le domaine théorique⁸⁷. Deux questions cruciales restent en suspens : (1) Que représente dans le domaine empirique le mécanisme d'investissement implémenté dans ces modèles ? (2) Quel statut apporter à la génération du réseau si celle-ci n'a aucune assise théorique ?

Le modèle proposé dans la section suivante reprend certains éléments des travaux qui viennent d'être cités mais en partant de prémisses bien différentes : il ne s'agit pas de modéliser des mécanismes fondamentaux qui court-circuitent le processus de planification des transports, mais de modéliser ce processus de planification lui-même. Pour bien mettre en évidence le rôle des instruments, l'approche proposée part d'une définition particulière du *processus de planification des transports* qui consiste à le décapiter (détacher la tête) en évacuant toute dimension politique. Il s'agit de comprendre quelle serait l'action du Prince sur les réseaux de transport si celui-ci laissait toute marge de manœuvre à son conseiller, l'ingénieur-économiste.

8.2 Un modèle de simulation de l'évolution des réseaux de transport

La démarche proposée est donc une démarche modélisatrice qui vise à générer un réseau de transport de façon endogène. Cette section décrit les caractéristiques du modèle de **Simulation de l'Evolution des Réseaux de Transport**, désigné par la suite **modèle SERT**. L'idée est d'examiner l'effet des instruments de la socio-économie des transports sur la formation d'un réseau, dans un espace vidé de toutes les complexités liées aux contextes par exemple politiques ou sociaux.

Le modèle est conçu à partir des analyses réalisées dans la première partie de la thèse (description des dispositifs techniques) et des « règles de composition » posées dans le Chapitre 7. Il est orienté vers la réponse aux deux questions posées dans le présent chapitre. Le modèle part de l'idée que les aspects performatifs des instruments de la socio-économie des transports résident dans l'interaction entre offre et demande. Selon Dupuy, la finalité de ces instruments est d'induire le trafic en construisant des infrastructures. Le

87. Cette grille de lecture des approches de modélisation est proposée par Livet *et al.* (2010), elle est utilisée à plusieurs reprises dans cette partie.

fait que la demande est induite par l'offre est un fait largement documenté et analysé dans le Chapitre 7. Ce mécanisme est encapsulé dans le modèle gravitaire : un investissement a pour effet de réduire la friction sur un lien (augmentation de la vitesse, de la capacité ou du confort) et la réduction de la friction entraîne une augmentation du trafic. Le fait que l'offre est induite par la demande est un constat peu documenté (cf. Section 7.1.4) mais évident :

« Coquand donnait alors des cours de circulation à l'École des Ponts dans lesquels il expliquait qu'il valait mieux aménager les routes là où il y avait le trafic plutôt que là où il n'était pas. »

Entretien avec Oliver Paul-Dubois-Taine, 15 avril 2011.

Ce mécanisme est encapsulé dans le dispositif d'évaluation économique qui, comptabilisant les gains de temps à demande constante, favorise les liens très fréquentés. C'est ce que représente le modèle proposé par la mise en place d'une boucle d'interaction entre offre et demande, dénommée *boucle inductive*. Ce modèle évalue le réseau généré par cette boucle dans une perspective amodale : la question du mode de transport est ainsi, par construction, évacuée. Pour établir un point de comparaison, un modèle de référence qui génère un réseau selon un mécanisme aléatoire est également conçu.

Cette section décrit dans un premier temps le fonctionnement général du modèle et détaille ses mécanismes. Dans un second temps, sont décrits les paramètres d'initialisation du modèle, le modèle aléatoire de référence et les indicateurs utilisés pour en évaluer les sorties. Le modèle proposé n'est pas un modèle instrumental (cf. section précédente), il n'est pas validé sur des données empiriques et ne sert pas à administrer une preuve. Son objectif est de servir de support à une réflexion sur les liens qui unissent l'évolution des réseaux de transport et les instruments de la socio-économie des transports.

8.2.1 Description des mécanismes du modèle

Le *processus de planification des transports* est conçu comme la succession de trois procédures : l'estimation des flux, l'évaluation économique qui calcule la rentabilité de différentes options de planification et la modification du réseau sur le choix de l'option la plus rentable. Le présent modèle applique ces trois étapes à un espace théorique de façon itérative et systématique. Même si, dans les années d'or de la planification rationnelle, les résultats des études économiques n'ont jamais été appliqués directement, court-circuitant la décision politique (cf. Section 1.2.1), il n'en est pas moins intéressant d'examiner le réseau que produirait une maximisation systématique de la rentabilité socio-économique. Cet exercice donnera des pistes de réflexion pour répondre aux deux questions posées précédemment sur les aspects performatifs des instruments de la socio-économie des transports.

Aperçu des mécanismes du modèle

L'espace théorique sur lequel le modèle s'applique représente une agglomération divisée en zones. Cependant, d'un point de vue formel, il ne s'agit pas d'un pavage (type automate cellulaire) mais d'un graphe. Les objets du modèle sont de deux sortes : des nœuds qui représentent les zones d'une agglomération et des liens qui représentent les tronçons d'un réseau de transport.

Les zones sont caractérisées par deux propriétés, une propriété d'émission et une d'attraction, qui représentent le nombre de déplacements émis et attirés par chaque zone. Thématiquement parlant, l'émission d'une zone dépend de sa population résidente, l'attraction dépend des usages du sol caractérisant chaque zone : usages résidentiel, activités commerciales, zones d'activités industrielles ou de services.

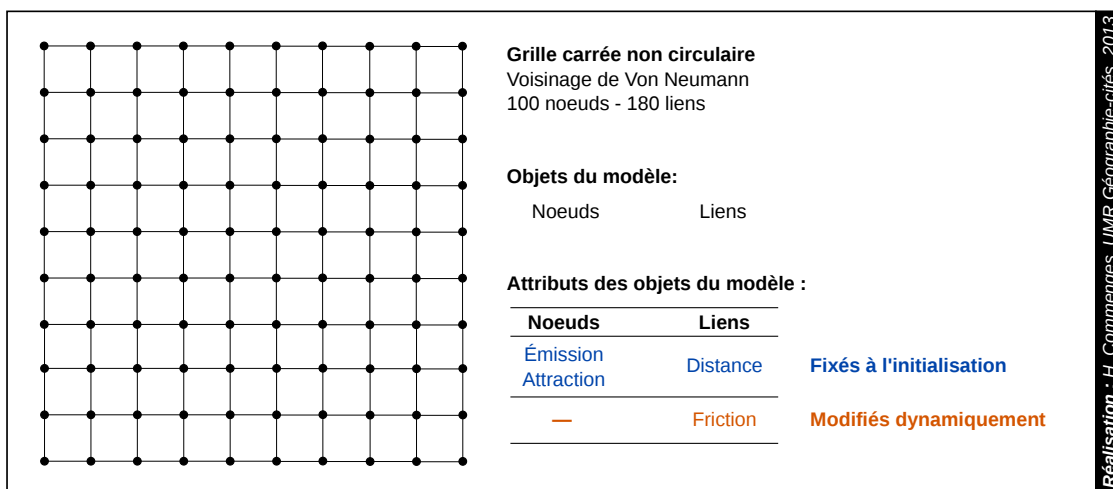


Fig 8.5 – Structure de l'espace théorique

Les liens entre les zones représentent les réseaux de transport sur lesquels transitent les flux de personnes. Chaque couple de zones adjacentes est connecté par un lien et un seul, en d'autres termes il n'y a dans cet espace théorique ni choix du mode de transport ni choix de l'itinéraire entre deux zones adjacentes. Les liens sont caractérisés par trois propriétés : la distance topologique entre deux zones, le temps (coût généralisé) qui traduit la friction attachée au lien, et le flux qui est le nombre de déplacements qui transitent sur le lien.

Le type de graphe utilisé est une grille carrée non circulaire⁸⁸ avec un voisinage de Von Neumann (cf. Figure 8.5). De façon intuitive, ce type de grille semble représenter au mieux un réseau de transport, routier ou ferré, dans lequel il est très rare qu'un nœud ait plus de

88. Non circulaire signifie que l'espace s'arrête aux limites de la grille. Une grille circulaire serait qualifiée, dans le vocabulaire spécialisé de la topologie, de grille avec condition périodique aux limites (*periodic boundary conditions*). Dans un tel espace les nœuds situés en bord de grille sont connectés avec les uns avec les autres.

quatre voisins. Les nœuds et liens du réseaux sont assortis de paramètres fixés en entrée du modèle et d'attributs affectés par la dynamique du modèle.

Les paramètres d'émission et d'attraction des zones sont fixés à l'initialisation du modèle, ils traduisent une configuration spatiale de l'agglomération (cf. Section 8.2.3). Ces émissions et attractions sont inélastiques : il n'y a donc pas d'attribut des zones modifiés dynamiquement par le modèle. Ceci revient à travailler sur une configuration des populations et des activités fixe au cours du temps : il n'y pas de croissance, de décroissance ni de mobilité des populations et des activités. Le temps (friction) nécessaire pour transiter sur un lien, qui représente l'efficacité du réseau de transport, est le seul attribut modifié dynamiquement par le modèle.

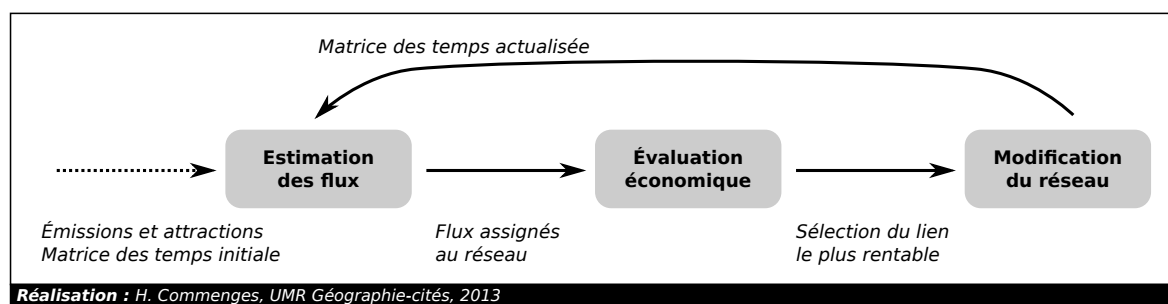


Fig 8.6 – Mécanisme général du modèle

Le *processus de planification des transports* est conçu comme la succession de trois procédures. (1) L'estimation des flux passe par un modèle à quatre étapes. (2) Le calcul de la rentabilité socio-économique quantifie les *gains de temps à demande constante* selon la méthode exposée dans la Section 7.1. (3) La construction du réseau porte sur le tronçon le plus rentable. Le modèle applique ces trois étapes et les réitère systématiquement. Un enchaînement *estimation des flux - évaluation économique - construction du réseau* constitue une itération, cet enchaînement est répété jusqu'à construction de tous les liens du graphe.

La procédure de construction augmente la vitesse sur le lien construit. Au terme de cette de construction, le lien modifié devient deux fois moins coûteux (deux fois plus rapide)⁸⁹, ce qui affecte les flux entre les deux nœuds reliés par ce lien, mais également l'ensemble des plus courts chemins menant de chaque nœud à chaque autre. Ainsi, à chaque itération, une nouvelle matrice de temps de transport est produite, qui est ré-injectée dans la procédure d'estimation des flux pour une nouvelle itération (cf. Figure 8.6).

89. La réduction de la friction suite à la construction du lien n'est pas un paramètre à tester. Le modèle n'est pas sensible à cette valeur.

Procédure d'estimation des flux

La procédure d'estimation des flux reprend l'essentiel du modèle à quatre étapes présenté dans la première partie de la thèse (cf. Section 2.1.2) :

1. L'étape de génération n'a pas lieu d'être, les émissions et les attractions des zones étant des paramètres fixés à l'initialisation, elles ne doivent pas être estimées par des modèles.
2. L'étape de distribution passe par un modèle gravitaire avec une double contrainte aux marges.
3. L'étape de choix modal n'a pas lieu d'être puisque chaque couple de nœuds (zones) est relié par un seul et même lien.
4. L'étape d'affectation répond aux règles suivantes : entre deux nœuds voisins (zones adjacentes) il n'y a qu'un seul lien donc pas de choix d'itinéraires ; entre deux nœuds non voisins l'itinéraire emprunté correspond toujours au plus court chemin. Dans le cas où il existe plusieurs plus courts chemins pour un même couple de nœuds, le flux est divisé équitablement entre tous ces chemins.

La notion de plus court chemin, classique en analyse de graphes, peut induire à confusion. En cohérence avec ce qui a été dit de l'utilisation du coût généralisé dans la première partie de la thèse (cf. Section 2.2.4 et Section 3.2.3), le composant de friction du modèle gravitaire n'est pas la distance mais le coût généralisé. Ainsi ce plus court chemin pourrait être rebaptisé « chemin le moins coûteux ».

Procédure d'évaluation économique

Une fois estimés les flux de déplacements sur le réseau, ceux-ci alimentent la procédure d'évaluation économique qui vise à sélectionner le lien le plus rentable. Ce choix du lien le plus rentable est le résultat de l'évaluation des *gains de temps à demande constante*, qui est la procédure classique en économie des transports, encore utilisée aujourd'hui dans bon nombre de pays (Hayashi et Morisugi 2000). Cette procédure est présentée en détail dans le Chapitre 7 (cf. Section 7.1.4).

Il faut noter que la sélection du lien à modifier par la procédure d'évaluation prend comme unique critère la rentabilité mesurée en termes de gains de temps. Aucune autre contrainte n'est ajoutée, en particulier aucune contrainte de continuité du réseau construit. La procédure d'évaluation économique sélectionne le lien qui serait le plus rentable en vue d'un investissement visant à améliorer son efficacité. C'est le lien sélectionné qui fait l'objet de la procédure de modification du réseau.

Procédure de modification du réseau

La modification du réseau fait suite à l'évaluation économique. À chaque itération du modèle, le lien le plus rentable est sélectionné et il est modifié dans le sens d'une amélioration de son efficacité, c'est-à-dire d'une réduction de la friction. La modification du réseau répond aux critères suivants :

- Modification unique : à chaque itération, un lien et un seul est sélectionné par la procédure d'évaluation, donc un seul lien est modifié à chaque itération.
- Modification systématique : à chaque itération, un lien est sélectionné et modifié. Il ne peut y avoir d'itération à effet nul.
- Modification non cumulative : une fois qu'un lien a été sélectionné et modifié, il ne peut être sélectionné et modifié une nouvelle fois.
- Effet de la modification : la modification entraîne une réduction de la friction sur le lien sélectionné qui est divisée par deux.

Les trois procédures exécutées successivement constituent une itération. L'ensemble de cette boucle constitue le mécanisme général du modèle SERT. Celui-ci a de nombreux points communs avec les modèles de Levinson présentés dans la Section 8.1.3, il est donc intéressant d'en faire une synthèse comparative (cf. Tableau 8.7).

En résumé, le modèle SERT peut être décrit comme une boucle de renforcement systématique : l'offre induit la demande par l'intermédiaire du modèle gravitaire et la demande induit l'offre par le choix du lien le plus rentable. Le mécanisme est qualifié par la suite de *boucle inductive*.

		Yerra et Levinson (2005)	Modèle SERT
ESPACE THÉORIQUE	Structure	Graphe : grille régulière (voisinage de Von Neumann) de 10-15 noeuds.	Graphe : grille régulière (voisinage de Von Neumann) de 10-15 noeuds.
	Attributs des noeuds	Différentes valeurs de génération et d'attraction.	Différentes valeurs de génération et d'attraction.
	Attributs des liens	Flux, vitesse.	Flux, vitesse.
MODÉLISATION	Génération	Néant (paramètres d'entrée)	Néant (paramètres d'entrée)
	Distribution	Modèle gravitaire à contrainte simple	Modèle gravitaire à contrainte double
	Choix modal	Néant (modèle VP)	Néant (modèle amodal)
	Assignment	Plus courts chemins Méthode du "tout-ou-rien"	Plus courts chemins Méthode du "tout-ou-rien"
MÉCANISMES D'ÉVOLUTION		Règles locales. Modèle d'investissement mettant en relation le coût de maintien du tronçon et le revenu qu'il génère.	Règles globales. Deux mécanismes visant à être comparés : 1 - Construction aléatoire 2 - Maximisation des gains de temps à demande constante
ÉVALUATION DES SORTIES		Structure du réseau généré. Indicateurs de hiérarchie (distribution des flux et de vitesses).	Structure du réseau généré. Indicateurs de structure du graphe.
Réalisation : H. Commenges, UMR Géographie-cités, 2013 - Source : Yerra et Levinson 2005 ; Xie et Levinson 2011			

Fig 8.7 – Synthèse comparative du modèle SERT et du modèle de Levinson *et al.*

8.2.2 Quel modèle de référence pour comparer ?

Le mécanisme qui vient d'être présenté doit être confronté à un modèle de référence. L'intérêt de cette confrontation est de garantir que les effets spatiaux observés sont bien induits par la *boucle inductive*. Le modèle de référence fonctionne en tout point comme le modèle à tester. Il modifie un lien à chaque itération en réduisant sa friction et cette modification est, comme précédemment, unique, systématique et non cumulative. La différence est dans le choix du lien : dans le modèle de référence le choix du lien est aléatoire, c'est pourquoi il est qualifié par la suite de *modèle vide*.

Pour obtenir une juste comparaison entre les deux mécanismes (*boucle inductive* et sélection aléatoire), il faut cependant introduire une contrainte de connexité. En effet, le mécanisme du modèle génère un réseau connexe, il est donc important de le comparer à un mécanisme certes aléatoire, mais qui crée bien un réseau et non un amas de tronçons. Le modèle de référence est donc un modèle aléatoire avec une contrainte de connexité.

Pour construire des indicateurs stables, la simulation est répétée 100 fois et la valeur retenue, pour un indicateur donné, est la valeur centrale pertinente : la moyenne si la distribution est normale et la médiane si la distribution est dissymétrique. Par exemple, si on s'intéresse à la distance parcourue, on compare cette distance sur le réseau généré avec les mécanismes de maximisation des gains de temps avec la distance sur le réseau de référence généré par le mécanisme aléatoire. Dans ce cas la distance sur le réseau de référence sera la moyenne des distances observées sur les 100 simulations.

Seul le modèle de référence nécessite de répéter les simulations. En effet, le modèle SERT est presque strictement déterministe. La seule part d'aléatoire dans ses mécanismes intervient dans la procédure d'évaluation, au moment du choix du lien le plus rentable. Il peut arriver que plusieurs liens arrivent *ex-aequo* dans cette évaluation, auquel cas le lien est sélectionné par un tirage aléatoire simple.

8.2.3 Niveau d'observation et initialisation

La question des niveaux se pose dans tout exercice de modélisation (Sanders 2001) : le choix d'un niveau d'observation est immédiat si le questionnement du modélisateur est fixé. Mais l'articulation de différents niveaux d'observation et de modélisation complique la démarche. La Figure 8.8 distingue deux niveaux : (1) les nœuds du réseau qui représentent les zones de l'agglomération et (2) le réseau dans son ensemble. L'initialisation (entrées) et l'exécution (mécanismes) du modèle se font au niveau des zones (1) et l'observation (sorties) se fait au niveau de l'ensemble du réseau (2).

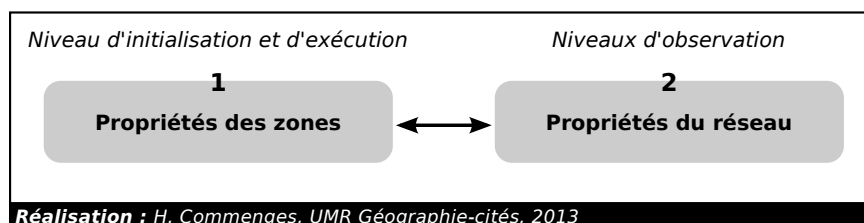


Fig 8.8 – Niveaux d'initialisation, d'exécution et d'observation

Les paramètres - émission et attraction des zones - n'ont pas d'intérêt thématique, ils ne sont qu'un intermédiaire et n'ont de sens que dans le domaine du modèle. Dans le domaine empirique, ce qui intéresse le thématicien est plutôt la répartition des populations et des activités dans l'agglomération. Il est intéressant d'imaginer différentes configurations spatiales à tester (configurations stylisées), par exemple une configuration homogène, monocentrique ou polycentrique. Ces configurations, qui ont un sens immédiat pour le thématicien, sont traduites en termes d'émissions et d'attractions des zones et c'est sur la base de ces paramètres qu'est exécuté le modèle. En sortie l'attention se focalise sur la structure du réseau formé et sur la distribution globale des flux.

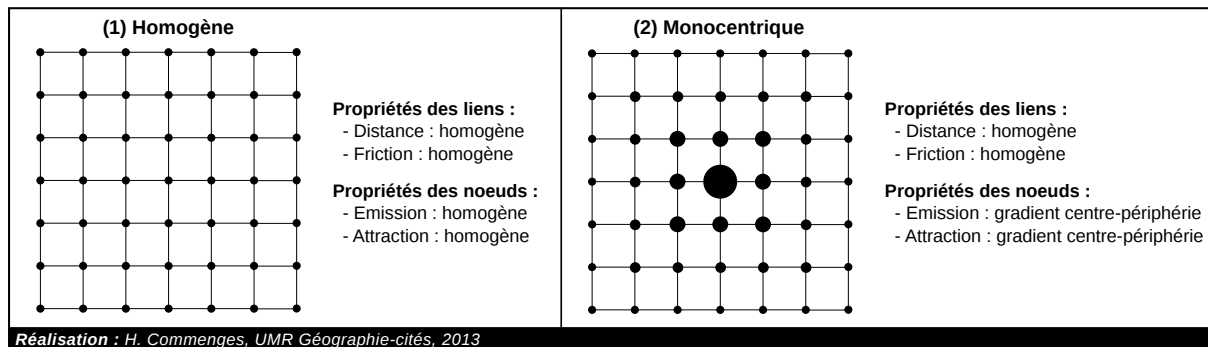


Fig 8.9 – Types d’agglomérations stylisés

Deux types d’agglomérations stylisées sont testés : un type homogène et un type monocentrique. Ces agglomérations stylisées sont représentées sur la Figure 8.9. Pour le type homogène les paramètres d’émission et d’attraction ont des valeurs identiques pour chaque nœud. Pour le type monocentrique les valeurs d’émission et d’attraction décroissent suivant un gradient du centre vers la périphérie. Dans tous les cas, pour un nœud donné, les paramètres d’émission et d’attraction ont une valeur identique, en d’autres termes il n’y a pas de spécialisation des usages du sol avec, par exemple, des zones monofonctionnelles résidentielles et des zones d’activités. Les propriétés des liens, distance et friction, sont homogènes à l’état initial.

8.2.4 Quels indicateurs pour évaluer le modèle ?

Pour décrire les réseaux générés par le modèle, deux ensembles d’indicateurs sont utilisés : le premier décrit le maillage du réseau et répond à la question des radiales et rocade ; le second reprend les indicateurs mis en place par Roth *et al.* (2012) et répond à la question de la similitude de formes.

La théorie des graphes est pourvue de notions et de mesures utiles pour décrire la structure du réseau et déterminer son degré de maillage. Certaines sont utilisées dans tous les domaines d’application et d’autres sont spécifiques à la géographie des transports (Kansky 1963). De nombreux travaux ont été réalisés dans ce domaine (Sen *et al.* 2003, Gleyze 2005, Marshall 2005, Cardillo *et al.* 2006, Xie et Levinson 2006, Hu et Zhu 2009, Roth *et al.* 2012) dont M. Barthélemy (2011) a fait une synthèse efficace. Parmi ces travaux, les articles de Cardillo *et al.* (2006), de Xie et Levinson (2006) et de Roth *et al.* (2012) sont particulièrement utiles puisqu’ils proposent des mesures du degré de maillage (*meshedness*) ou de circularité dans un réseau (*circuitness*). Ils s’appuient sur une distinction entre deux grands types de structures : les structures maillées (*meshed* ou *circuit networks*) et les structures ramifiées (*tree-like networks*), qui se différencient par l’existence de cycles élémentaires. Ces cycles sont définis comme toute chaîne qui

commence et se termine au même nœud sans passer deux fois par le même nœud. Un graphe qui ne contient aucun cycle est qualifié de « forêt » et un graphe connexe sans cycle est qualifié d'« arbre ». Au contraire, plus le graphe comprend de cycles élémentaires (*circuits*), plus il est maillé.

Le nombre de cycles élémentaires dans un graphe est connu sous le nom de « nombre cyclomatique ». Ce nombre correspond au nombre de liens qui ne font pas partie de l'arbre couvrant minimum (*minimum spanning tree*), c'est-à-dire du sous-graphe qui connecte tous les nœuds tout en étant un arbre (cf. Figure 8.10).

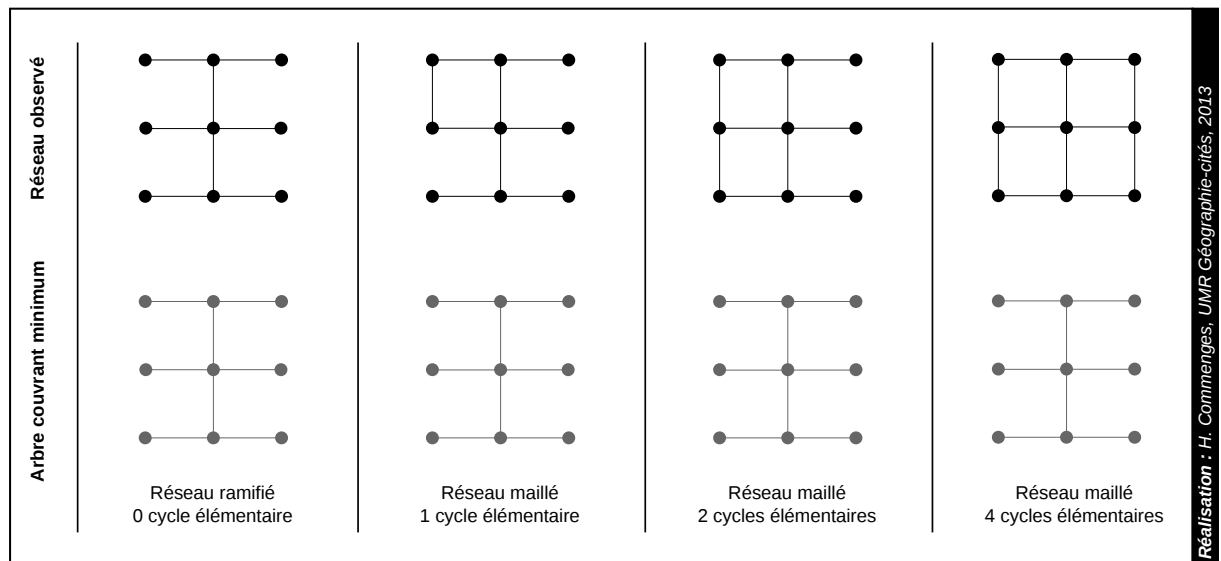


Fig 8.10 – Réseaux ramifiés et réseaux maillés

Le nombre de cycles élémentaires est déjà une mesure de maillage, mais elle dépend étroitement de la densité du graphe : plus le graphe est dense, plus la probabilité est élevée qu'il soit maillé. L'indicateur de maillage pertinent est la mesure α proposée par [Garrison et Marble \(1961\)](#), reprise et diffusée par [Kansky \(1963\)](#), puis réutilisée plus récemment par [Cardillo et al. \(2006\)](#) et par [Roth et al. \(2012\)](#). Il s'agit du nombre cyclomatique observé divisé par le nombre cyclomatique maximum :

$$\alpha = \frac{\Gamma}{\Gamma_{max}}$$

Le nombre cyclomatique observé Γ est égal à $E - V + P$. Il est invariant selon le type de graphe et ne dépend que du nombre d'arcs (E), du nombre de nœuds (V) et du nombre de composantes connexes (P). Le nombre cyclomatique maximum (Γ_{max}), en revanche, varie selon qu'il s'applique à un graphe planaire ou non planaire, c'est le nombre de cycles maximum sachant le nombre de nœuds. Pour évaluer un modèle qui génère des liens et non nécessairement des nœuds et, *a fortiori*, qui génère des liens avec des contraintes

topologiques (grille carrée avec voisinage de Von Neumann), le nombre de cycles maximum pour un graphe à n arcs ne peut être calculé avec ces formules. Il est ici déterminé avec un algorithme détaillé à l'Annexe A.

Le second ensemble d'indicateurs répond à la conclusion mentionnée précédemment sur la similitude de formes entre les différents réseaux de métro :

- l'indicateur de complexité β , défini comme le rapport entre le nombre d'arcs et le nombre de nœuds ;
- l'indicateur de connectivité γ , défini comme le rapport entre le nombre d'arcs observé et le nombre maximum d'arcs (égal à $3V - 6$ dans le cas d'un graphe planaire) ;
- les indicateurs sur le maillage du centre du réseau : le degré moyen des nœuds du centre du réseau (*core*, cf. Figure 8.2[1]) est de l'ordre de 2,5 et le nombre de « nœuds intermédiaires », c'est-à-dire de degré 2, est supérieur à 60 % ;
- les indicateurs sur les branches : le nombre de branches (*branches*, cf. Figure 8.2[1]) est à peu près égal à la racine carrée du nombre de nœuds ; le nombre de nœuds des branches représente environ la moitié du nombre total de nœuds du graphe.

Tous ces indicateurs sont mobilisés pour évaluer les sorties du modèle SERT. L'initialisation du modèle, son exécution et son évaluation sont réalisés avec le logiciel R, en particulier grâce aux fonctions du *package* *igraph* (Csardi et Nepusz 2006).

8.3 La génération d'un réseau de transport comme support de réflexion

Après avoir décrit les mécanismes du modèle, son initialisation et les indicateurs utilisés pour l'évaluer, il s'agit maintenant de l'utiliser pour répondre aux deux questions posées en début de chapitre. Le modèle ne vise pas l'administration de la preuve, il sert de support à une réflexion générale sur les aspects performatifs des instruments de la socio-économie des transports sur la mise en forme des réseaux. Son intérêt repose en partie sur les résultats qu'il permet d'obtenir, mais il repose également sur son dépouillement, c'est-à-dire sur l'extrême simplification dont il est le fruit.

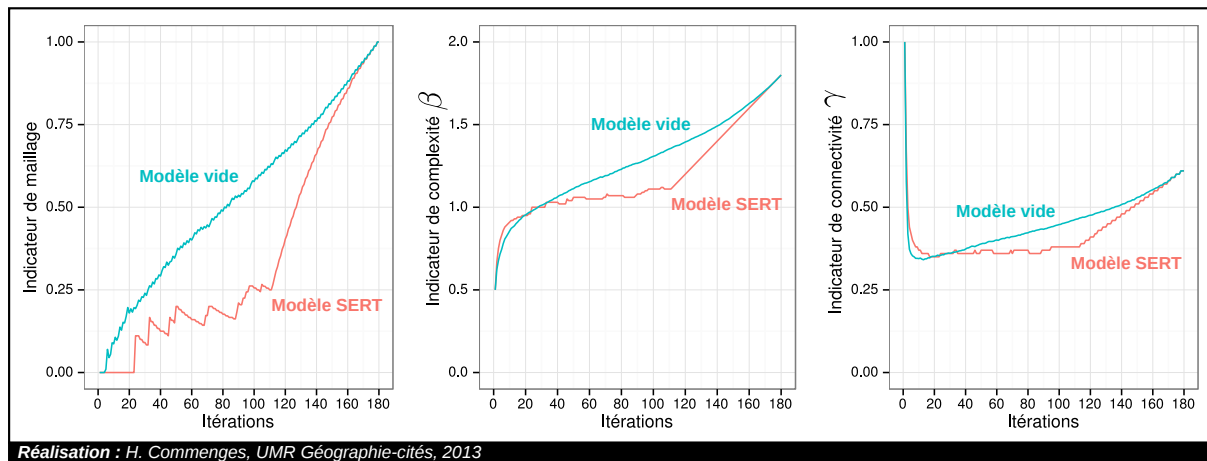
8.3.1 Reproduire la « forme universelle »

Dans un premier temps, le modèle le plus simple est exécuté (*Modèle 1*, cf. Figure 8.13) : sur une grille homogène, de taille fixe (10*10), chaque itération aboutit à la construction du lien qui maximise les gains de temps à demande constante. Le processus est réitéré jusqu'à construction de l'ensemble des liens du graphe (180 liens). La Figure 8.11 montre les valeurs prises par trois indicateurs mentionnés précédemment, l'indicateur de maillage, l'indicateur de complexité et l'indicateur de connectivité. Dans les trois cas, le modèle qui génère un réseau par ce mécanisme (Modèle SERT) enregistre des valeurs inférieures au modèle de référence (modèle vide).

L'interprétation des deux indicateurs de complexité et de connectivité a peu d'importance ici. Il suffit d'acter que pour le modèle SERT, presque à chaque itération, le lien construit relie un nouveau nœud, non encore relié par le réseau généré. C'est pourquoi le nombre de nœuds est presque égal au nombre de liens (indicateur β légèrement supérieur à 1). C'est également la raison pour laquelle le nombre maximum de liens sachant le nombre de nœuds est élevé et donc l'indicateur γ faible.

L'indicateur de maillage répond à la question des rocade posées dans la section précédente. Du début à la fin du processus, le maillage du modèle SERT est toujours inférieur à celui du modèle vide. Le fait de sélectionner et de construire à chaque itération le lien qui maximise les gains de temps à demande constante a un effet systématique sur la structure du réseau : celui de privilégier les tracés linéaires au dépend des structures maillées.

En termes de maillage, la différence maximum entre le modèle SERT et le modèle vide s'observe vers 80 itérations, c'est-à-dire lorsque presque la moitié des liens du réseau sont construits. À ce stade (cf. Figure 8.13), la forme du réseau généré par ce premier modèle ressemble déjà à la « forme universelle » décrite par Roth *et al.* (2012). Le nombre de nœuds du centre (*core*) représente à peu près la moitié du total (37 pour 75), le degré moyen des nœuds du centre est de 2,8 et environ 50 % de ces nœuds a un degré de 2. Seul le nombre de branches reste loin de respecter ces critères : 20 branches au lieu de 8 ou 9

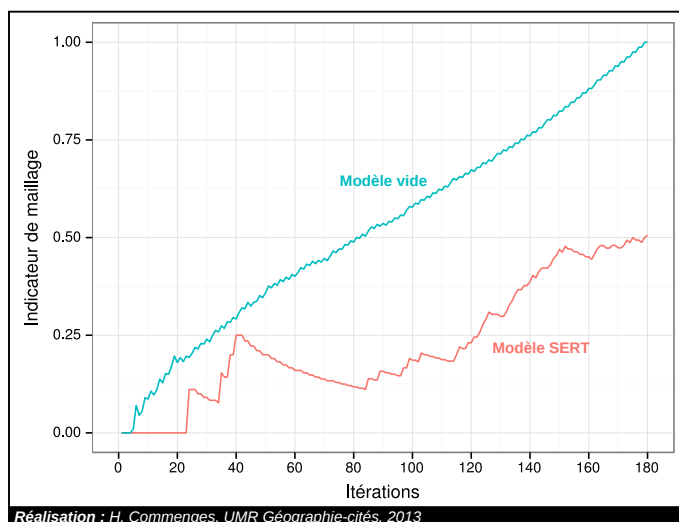


Réalisation : H. Commenges, UMR Géographie-cités, 2013

Fig 8.11 – Indicateurs de maillage, de complexité et de connectivité

(la racine carrée du nombre total de nœuds, soit $\sqrt{75}$). Le même modèle exécuté sur une grille monocentrique, avec un gradient centre-périphérie dans les paramètres d'émission et d'attraction, génère un réseau assez similaire mais avec un centre plus maillé.

Suivant l'idée que le prolongement des branches du réseau suit l'étalement d'une agglomération et donc l'élargissement du périmètre de planification, un second mécanisme est introduit dans le modèle qui agrandit la grille en cours de processus (*Modèle 2*, cf. Figure 8.14). À mi-parcours, c'est-à-dire après la 40^e itération, la grille s'élargit uniformément de tous côtés et le processus continue. La Figure 8.14 montre le réseau généré avec ces deux mécanismes (maximisation des gains de temps à demande constante + élargissement de la grille) dans le cas d'une agglomération monocentrique.



Réalisation : H. Commenges, UMR Géographie-cités, 2013

Fig 8.12 – Indicateur de maillage pour le modèle avec élargissement de la grille

En terme de maillage, l'élargissement de la grille à la 40^e itération initie un processus de différenciation d'avec le réseau généré par le modèle vide, processus qui prend fin vers la 80^e itération (cf Figure 8.12). À ce stade, le nombre de nœuds du centre (*core*) représente à peu près la moitié du total (33 pour 77, à l'itération 80), le degré moyen des nœuds du centre est de 2,5 et 58 % de ces nœuds a un degré de 2. Le nombre de branches est plus proche du critère donné par Roth *et al.* (2012) : 13 branches au lieu de 8 ou 9. Ce réseau est donc très semblable à la « forme universelle ».

Cet exercice sert de support à réflexion sur les deux questions posées en exergue de ce chapitre. La première question porte sur la forme des réseaux : les instruments de la socio-économie des transports favorisent-ils une forme plutôt qu'une autre ? Contribuent-ils à créer un réseau constitué d'un ensemble de radiales aux dépens d'un réseau plus maillé et moins hiérarchisé ? La seconde question porte sur le mode de transport : les instruments de la socio-économie des transports favorisent-ils un mode aux dépens d'un autre, le véhicule particulier aux dépens du transport collectif ?

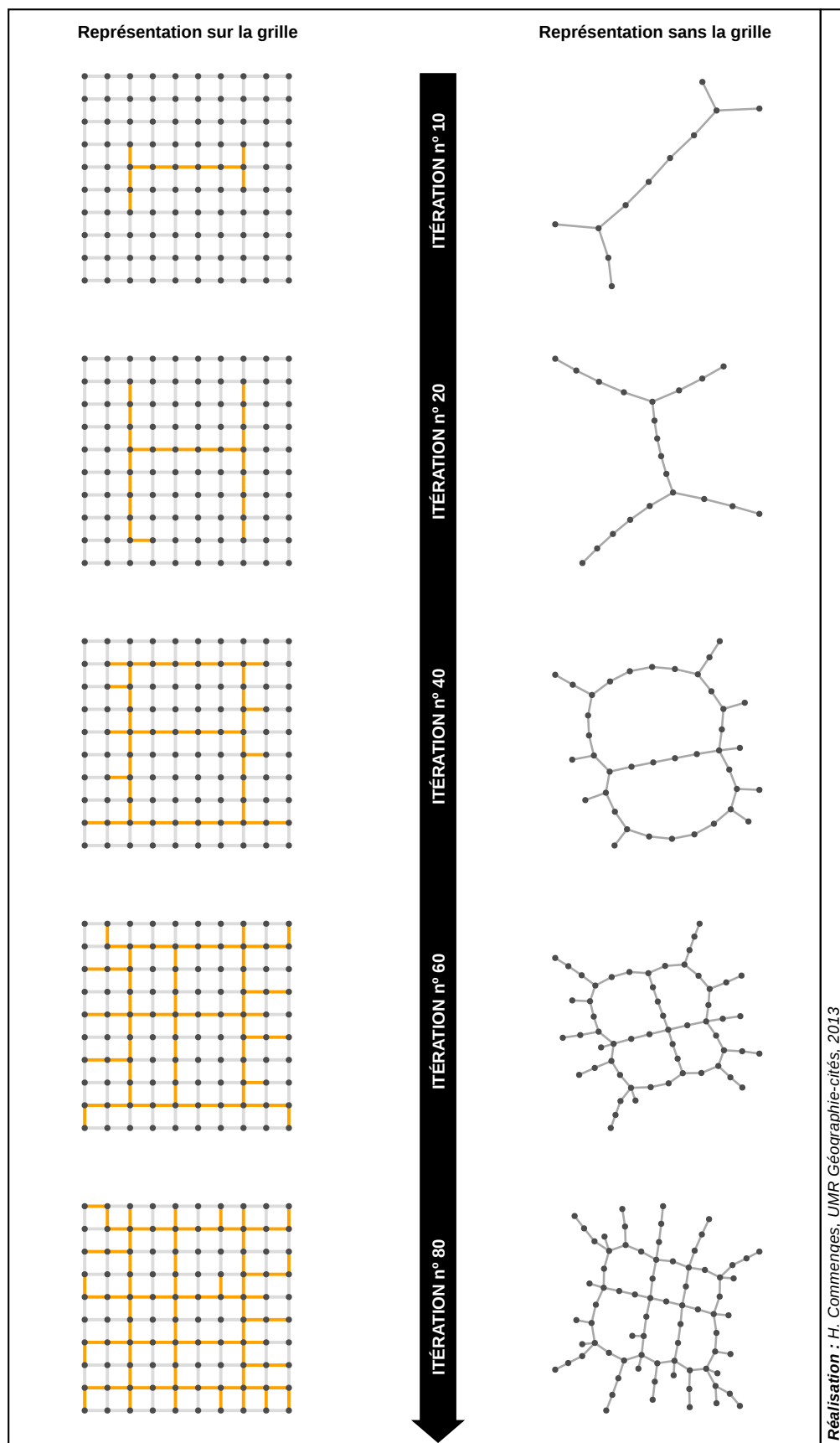


Fig 8.13 – Évolution du réseau généré par le modèle 1

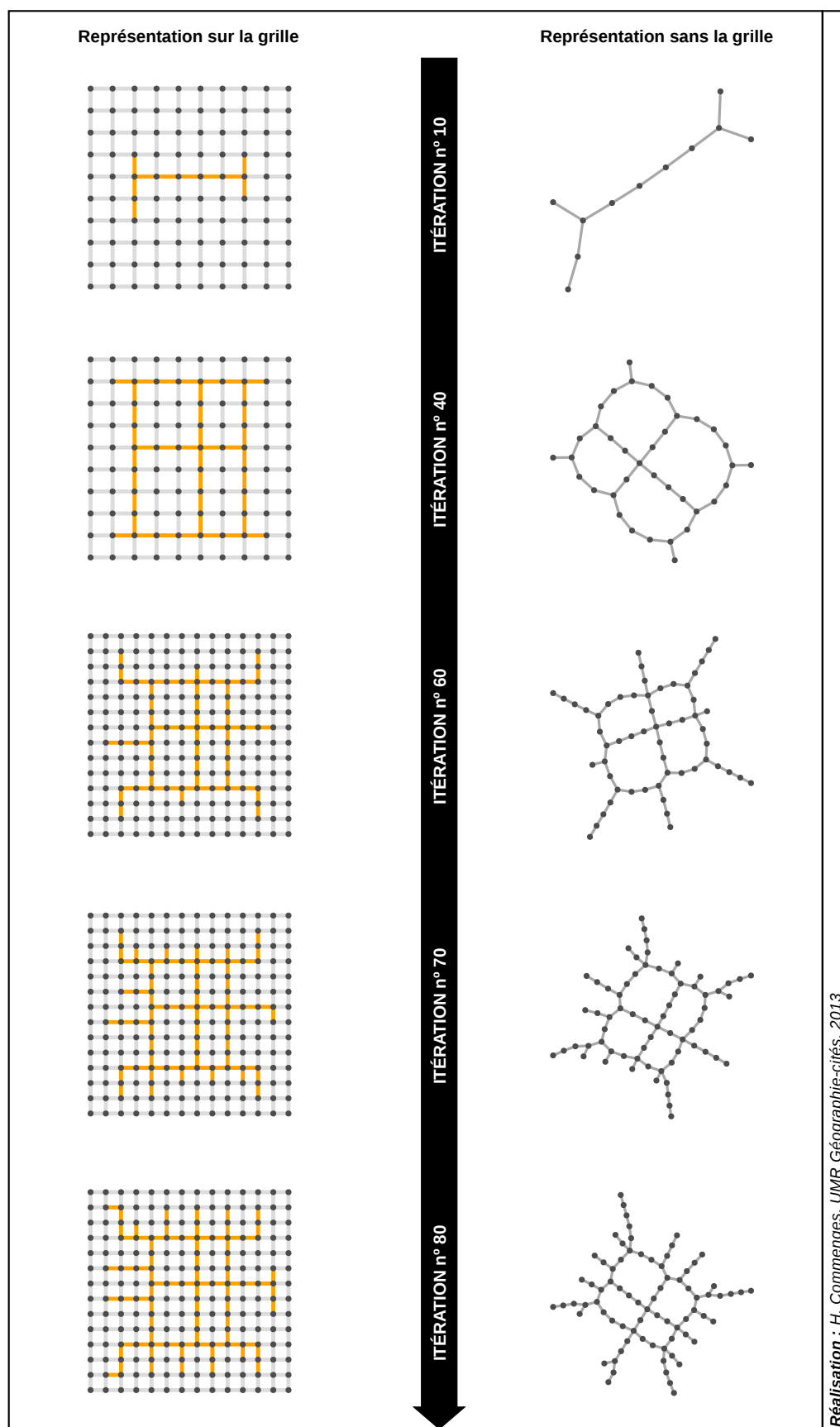


Fig 8.14 – Évolution du réseau généré par le modèle 2

8.3.2 Une technique de planification au service des axes dominants

Les instruments de la socio-économie des transports favorisent-ils une forme plutôt qu'une autre ? Contribuent-ils à créer un réseau constitué d'un ensemble de radiales aux dépens d'un réseau plus maillé et moins hiérarchisé ? L'enjeu concerne l'organisation spatiale des espaces urbains et pose le problème de l'équité territoriale. Si la mobilité quotidienne est canalisée par les réseaux (Dupuy 1987), la forme de ces réseaux a un impact certain sur l'accessibilité et sur les flux observés. Un réseau constitué d'un ensemble de lignes radiales renforcera nécessairement la polarisation de l'espace. Un réseau en étoile, très centralisé et très peu maillé, se traduit par des inégalités d'accessibilité maximales.

En première analyse, le modèle SERT répond par l'affirmative à cette question. Dans un monde vidé de toutes les complexités liées aux contextes dans lesquels s'inscrit la mise en place d'un réseau, les instruments de la socio-économie des transports produisent un réseau peu maillé et très centralisé. Le constat réalisé à la Section 8.1.2 sur le réseau parisien doit donc être relu en ce sens : depuis un demi-siècle les discours mettent en avant la nécessité de réaliser des rocades mais les infrastructures effectivement réalisés sont des radiales. Les instruments de la socio-économie des transports jouent certainement un rôle dans cette mise en forme. L'explication ne se substitue pas aux explications de contexte avancées par exemple par Larroque *et al.* (2002), elle les complète.

Ensuite, la mise en place d'un réseau centralisé et peu maillé par le mécanisme de *boucle inductive* correspond plus généralement à un processus de renforcement des axes dominants. Par construction, un tel processus ne peut pas être reproduit par le modèle, mais il pourrait faire l'objet de recherches qualitatives (analyse des discours techniques et politiques) ou quantitatives (analyses empiriques sur la structure des réseaux). L'exemple parisien de l'axe ferré Est-Ouest est frappant en ce domaine : l'axe le plus fréquenté (L1 du métro) fait l'objet d'un discours sur la saturation qui entraîne un projet de désengorgement (RER A), qui lui-même atteint un seuil de saturation entraînant un nouveau projet de désengorgement (L14 et RER E), etc.

Enfin, le réseau généré par le modèle SERT permet de s'interroger sur l'idée de « forme universelle » proposée par les travaux mentionnés en début de chapitre. Levinson *et al.* cherchent à montrer que la hiérarchie dans un réseau de transport est une propriété émergente, contrairement à l'idée reçue qui voudrait que la hiérarchie soit le résultat d'une planification. Certains travaux issus de la physique concluent à l'existence de mécanismes fondamentaux qui structurent les réseaux de transport indépendamment des contextes historiques, politiques ou sociaux.

Pour les chercheurs en sciences sociales, l'explication universelle pose problème pour deux raisons. D'abord parce que l'explication produite par le schéma nomologique classique n'est pas une *cause* mais simplement une *régularité*. Dans ce cadre, « expliquer un phénomène n'est pas en chercher la cause, mais formuler l'ensemble des rapports

réguliers où ce phénomène peut être inséré » (Besse 2000). Ensuite parce qu'invoquer des « mécanismes fondamentaux » revient à *naturaliser* un phénomène social, ce qui est précisément la porte d'entrée de la physique dans les sciences sociales (Andler 2011).

Les développements qui précèdent montrent que la seule *boucle inductive* suffit à produire un réseau qui répond relativement bien aux critères du réseau stylisé des physiciens. Comment interpréter ce résultat ? Générer un réseau de transport par des mécanismes internes renvoie à la question du développement endogène : J.-M. Offner (1993a, pp.11-12) critique « l'idée d'une aptitude intrinsèque du réseau à croître » et met en avant la nécessité de « s'affranchir de la thèse du développement endogène ». Il cite D. Larroque qui, pour sa part, considère que « la réalité d'un réseau [est] fondamentalement non autonome, en prise directe avec des événements de conjonction générale d'ordre économique, politique ou socio-culturel. » Les chercheurs qui se sont efforcés de replacer l'évolution d'un réseau technique dans un contexte social, économique et politique rejettent nécessairement les déterminismes technologiques et les explications universelles. En effet, accepter que des mécanismes endogènes et universels régissent l'évolution du réseau revient à éliminer leur objet de recherche.

Avec le modèle SERT, je cherche à produire une explication dans le sens accordé à ce mot dans les sciences sociales, c'est-à-dire plus qu'une simple régularité. Cette explication se veut généralisable et non applicable à un seul cas particulier, tout en évitant les déterminismes technologiques et les « mécanismes fondamentaux » des physiciens.

Est-il possible de produire une *explication générale non naturaliste* ? Deux voies sont envisageables pour défendre cette idée. La première voie consiste à dire que le modèle SERT ne fait rien d'autre que de simplifier et systématiser la chaîne qui va de la prévision des flux au choix d'investissement. De ce point de vue, il ne s'agit pas de modéliser les mécanismes universels d'évolution d'un réseau de transport mais de modéliser les pratiques des planificateurs. Ainsi, si l'on retrouve des régularités dans des réseaux très différents quant à leur contexte socio-historique, ce serait parce que les mêmes pratiques de modélisation et d'évaluation économique se sont diffusées dans le monde industrialisé⁹⁰.

Cette première voie a deux avantages : elle dénaturalise l'explication en la rattachant aux pratiques de planification et non à des « mécanismes fondamentaux » et elle propose une véritable explication et non une simple régularité. Ce type de conclusion n'est pas propre aux réseaux de transport. Certains travaux sur la production des ensembles pavillonnaires (Callen 2011) montrent par exemple que la diffusion et la standardisation des pratiques de certains acteurs se traduit par une relative régularité des formes spatiales produites.

La faiblesse de cette voie d'explication est qu'elle suppose une traduction directe des pratiques de modélisation et d'évaluation économique sur l'espace, court-circuitant par

90. La question de la diffusion est peu envisagée dans cette thèse. Elle prend au moins deux formes distinctes : d'une part, la formation des ingénieurs par des cursus universitaires (cas des ingénieurs des Ponts et Chaussées aux États-Unis) ou des voyages d'études (Mazoyer 2009) ; d'autre part, l'action directe des organisations et entreprises à l'étranger, comme l'expertise de la SOFRETU (RATP) à Casablanca dans les années 1960 ou à Téhéran dans les années 1970.

là tout le système de décision politique. Même si ces pratiques étaient totalement standardisées, produiraient-elles pour autant des formes spatiales comparables dans la France des Trente Glorieuses, dans l'URSS post-stalinienne et dans la Chine du « socialisme de marché » ? Cette première voie doit donc être revue.

La deuxième voie d'explication dit que les dispositifs de modélisation et d'évaluation économique peuvent être considérés comme la formalisation d'un raisonnement plus général, qui existe avec ou sans ingénieurs-économistes. Deux principes caractérisent ce raisonnement.

D'abord le principe d'induction de l'offre par la demande qu'illustre bien la citation d'Olivier Paul-Dubois-Taine : « Coquand donnait alors des cours de circulation à l'École des Ponts dans lesquels il expliquait qu'il valait mieux aménager les routes là où il y avait le trafic plutôt que là où il n'était pas. » Sans les dispositifs de la socio-économie des transports, les flux, les coûts et les bénéfices d'un tel aménagement ne peuvent pas être évalués précisément mais l'idée n'est pas propre à ce champ. La mise en place d'infrastructures de transport nécessite des investissements lourds et, dans tout système politique qui pratique une certaine forme de rationalité budgétaire, formalisée ou non, ces investissements répondent à un certain besoin.

Ensuite, le principe du périmètre matérialisé dans le modèle SERT par la définition d'un espace fini. Dans le modèle, les liens construits par le mécanisme de gains de temps à demande constante desservent principalement les nœuds situés au centre de la grille. En effet, ces nœuds sont centraux du fait que ce sont les nœuds par lesquels passe le plus grand nombre de plus courts chemins entre tous les couples de nœuds du graphe (centralité d'intermédiarité). Ce constat est à la fois très évident et très important : même dans un espace où la répartition des populations et des activités est strictement homogène et où l'espace-temps est également homogène et isotrope, le simple fait de délimiter un périmètre de planification génère un centre et une périphérie. À une échelle et dans un contexte différent, c'est ce que montre [Debie \(2007\)](#) dans une étude géohistorique des réseaux de transport en Afrique occidentale. Les tracés routiers projetés dans le cadre du périmètre de l'Afrique Occidentale Française sont bien différents de ceux projetés dans le cadre des périmètres des États post-coloniaux.

Faire des investissements là où il y a un besoin et raisonner dans un périmètre sont deux principes qui existent indépendamment des méthodes américaines d'ingénierie du trafic. La particularité de l'ingénierie du trafic, puis de la socio-économie des transports, est d'avoir encapsulé ces deux principes dans un raisonnement formel. Sa force vient de l'assemblage robuste de dispositifs techniques et d'objets conceptuels (cf. Chapitre 3). Ce raisonnement formel peut être modulé en jouant sur de nombreux paramètres ([Crozet 2005b](#)) : le coût généralisé, le taux d'actualisation, l'internalisation de certains coûts. Ce jeu permet de réfléchir sur des hypothèses de travail, des principes d'équité ou la prise en compte des générations futures. Toutes ces modulations revêtent une grande importance vis-à-vis de l'usage des instruments de la socio-économie des transports, mais elles restent secondaires vis-à-vis de la nature de ces instruments.

Les travaux des physiciens mentionnés précédemment peuvent rappeler certaines conclusions tirées d'autres domaines de modélisation des phénomènes sociaux (Pumain 2006, p.197) : « the power laws that are observed in so many natural and social complex systems could suggest a universal statistical explanation for hierarchical structures. » La recherche de cette explication dans le cadre de la modélisation des systèmes de villes, et plus généralement des systèmes de peuplement, consiste à traquer les comportements émergents : « the unexpected self-organised collective structure that emerges under a “process without intent” » (Pumain 2006, p.201). Cette citation met en évidence la différence fondamentale qui existe entre un système de peuplement et un système de transport : le système de transport, tel qu'il est modélisé ici, ne peut pas être considéré comme issu d'un « processus sans intention ». Si la notion d'émergence est définie par un critère d'extériorité, elle ne s'applique pas à un processus volontaire de planification.

Ce constat explique la rareté, constatée dans la Section 8.1.3, de ce type de modèles de génération de réseaux. Les modélisateurs classiques, dont il a été longuement question durant la thèse, sont souvent impliqués dans le processus de planification des transports. Par cette inscription, ils ne peuvent souscrire aux modèles universalisants. Accepter la validité de ce type de modèles revient à rabaisser les planificateurs (techniciens ou politiques) au statut de pions dans un jeu dont l'issue serait déterminée par des mécanismes universels.

8.3.3 Une technique de planification au service du mode culturellement dominant

L'autre question posée en début de chapitre concerne le mode de transport : les instruments de la socio-économie des transports favorisent-ils un mode aux dépens d'un autre, le véhicule particulier aux dépens du transport collectif ? L'enjeu est important : les impératifs d'économie d'énergie et de réduction des émissions passent, selon les documents législatifs en vigueur, par une « diminution du trafic automobile » (cf. Section 6.2). Peut-on atteindre un tel objectif avec des instruments qui ne seraient qu'une « technique de planification au service de l'automobile » (Dupuy 1975).

En première analyse, le modèle proposé ici n'est pas pertinent pour traiter cette question, puisqu'il évacue la question du mode de transport. En seconde analyse, la non prise en compte du mode traduit l'idée première de la conception du modèle : ne conserver que l'essentiel du *processus de planification des transports*. Il est en effet possible de défendre l'idée que c'est la *boucle inductive* formalisée dans le modèle qui constitue le cœur de ce processus et que tout le reste n'est qu'affaire de paramètres. Les paramètres - taux d'actualisation, valeur du temps, de la vie humaine, du bruit - ont un impact fort sur les résultats des analyses économiques (Chevasson 2007). Mais ils peuvent être inclus, exclus, revalorisés sans que cela affecte la logique de l'évaluation économique.

Il n'y a rien dans cette *boucle inductive* qui favorise le mode automobile plutôt qu'un autre. Il est possible, en jouant sur les paramètres des modèles de prévision et sur les paramètres des modèles d'évaluation de favoriser un mode plutôt qu'un autre (Crozet 2005b). Les instruments de l'ingénierie du trafic, puis de la socio-économie des transports, sont au service de l'automobile pour la seule raison qu'ils ont été, à une certaine époque, développés et monopolisés par des partisans du mode automobile. Cette dernière conclusion peut être illustrée par l'entretien avec Jean-Gérard Koenig sur l'indicateur d'accessibilité⁹¹ qu'il a proposé au début des années 1970 (Koenig 1974a;b).

Question : *Pour revenir sur la formule de l'indicateur d'accessibilité, on peut améliorer l'accessibilité soit en réduisant le coût de transport soit en augmentant le nombre d'opportunités, en densifiant. J'ai l'impression que ce type de mesure a surtout été utilisé pour accroître la vitesse du transport alors que les tenants de la ville dense aurait pu s'appuyer sur cette formule pour défendre une densification de la ville ?*

J.-G. Koenig : D'une certaine façon c'est une question de planification. Il y a eu un affaiblissement de la planification par rapport à l'époque Delouvrier, créer des villes nouvelles, ça c'était un acte fort. Par la suite les projets se sont limités à des projets de transport, que des autorités pouvaient financer sans se soucier de maîtriser l'urbanisme qui va avec. Aujourd'hui on retrouve un peu ce type d'idée avec le Grand Huit mais ça n'a pas l'ampleur de la planification urbaine de l'époque Delouvrier. D'ailleurs je ne sais pas si politiquement on pourrait encore avoir une politique aussi globale jouant à la fois sur l'urbanisme et sur les transports.

Question : *Finalement l'ambiguïté de cette formule de l'accessibilité, c'est qu'on peut l'utiliser pour appuyer un projet de ville étalée avec un monopole de la voiture mais on peut aussi l'utiliser pour défendre un modèle de ville dense avec du transport en commun.*

J.-G. Koenig : Oui, bien sûr, elle peut appuyer un modèle de ville dense.

Question : *Mais ça n'a pas été utilisé dans ce sens ?*

J.-G. Koenig : Non. Je pense que les défenseurs de la ville dense étaient culturellement étrangers à ce genre d'approches. Ce genre d'approches était plutôt considéré comme le cheval de Troie des tout-routiers.

Entretien avec Jean-Gérard Koenig, 13 juin 2011.

Cet entretien montre qu'un même dispositif de modélisation aurait pu être utilisé pour appuyer deux modèles de ville très différents, dont l'un fait une place de choix à l'automobile et l'autre au transport collectif. En ce sens, le dispositif est neutre vis-à-vis

91. L'indicateur d'accessibilité quantifie l'utilité offerte par l'accès aux emplois et aux services, utilité qui croît avec l'accessibilité de ces destinations. L'accessibilité est proportionnelle au nombre d'opportunités (nombre de destinations du type recherché) et inversement proportionnelle au coût de transport nécessaire pour y parvenir.

du mode de transport. Ce constat renvoie à d'anciennes considérations en anthropologie des techniques : « l'outil n'est réellement que dans le geste qui le rend techniquement efficace. » ([Leroi-Gourhan 1964](#), p.35).

Le constat est valide pour la socio-économie des transports : il importe d'étudier le rapport entre l'instrument et son usage. Or, si l'attention se porte sur l'usage, elle s'attache rapidement à des questions de culture et d'imaginaire. Olivier Coutard ([2001](#)) a mis en évidence l'importance de l'imaginaire dans le développement du réseau électrique en France et aux États-Unis. À la suite de ce qui vient d'être montré, j'applique cette idée au développement des réseaux de transport. Les modèles de trafic et, de façon plus générale, les instruments de la socio-économie des transports ne constituent pas une technique de planification intrinsèquement « au service de l'automobile ». L'automobilisation n'est pas contenu dans les instruments de la socio-économie des transports mais dans l'imaginaire et dans la culture de leurs détenteurs.

Conclusion

Après avoir posé les principaux éléments de l'évaluation socio-économiques des infrastructures de transport, ce chapitre s'interroge sur le rôle des instruments de la socio-économie des transports sur la mise en place des réseaux.

Deux questions sont abordées : la question de la forme des réseaux de transport et la question du mode de transport. La revue de la littérature existante mène au choix d'une approche modélisatrice particulière : la modélisation de l'évolution des réseaux. Ce type d'approche s'est développé depuis une dizaine d'années mais reste minoritaire vis-à-vis des modèles de prévision de la demande de transport et des modèles d'interaction transport-espace.

Le modèle proposé (Modèle SERT - Simulation de l'Evolution des Réseaux de Transport) génère un réseau par un seul mécanisme qualifié de *boucle inductive*. Il s'agit d'une boucle de renforcement systématique : l'offre induit la demande par l'intermédiaire du modèle gravitaire et la demande induit l'offre par le choix du lien le plus rentable. Ce dernier mécanisme est encapsulé dans le dispositif d'évaluation économique qui, comptabilisant les gains de temps à demande constante, favorise les liens très fréquentés.

Les instruments de la socio-économie des transports favorisent-ils une forme plutôt qu'une autre ? Contribuent-ils à créer un réseau constitué d'un ensemble de radiales aux dépens d'un réseau plus maillé et moins hiérarchisé ? L'enjeu concerne l'organisation spatiale des espaces urbains et pose le problème de l'équité territoriale. Si la mobilité quotidienne est canalisée par les réseaux (Dupuy 1987), la forme de ces réseaux a un impact certain sur l'accessibilité et sur les flux observés. Un réseau constitué d'un ensemble de lignes radiales renforcera nécessairement la polarisation de l'espace. Un réseau en étoile, très centralisé et très peu maillé, se traduit par des inégalités d'accessibilité maximales. Le modèle SERT répond par l'affirmative à cette question. Dans un monde vidé de toutes les complexités liées aux contextes dans lesquels s'inscrit la mise en place d'un réseau, les instruments de la socio-économie des transports produisent un réseau peu maillé et très centralisé.

Les instruments de la socio-économie des transports favorisent-ils un mode aux dépens d'un autre, le véhicule particulier aux dépens du transport collectif ? S'intéressant au rapport entre les instruments et leur usage, ce chapitre conclut que ces instruments ne constituent pas une technique de planification intrinsèquement « au service de l'automobile ». Ils sont au service de l'automobile pour la seule raison qu'ils ont été, à une certaine époque, développés et monopolisés par des partisans du mode automobile. Ainsi, l'automobilisation n'est pas contenu dans les instruments de la socio-économie des transports mais dans l'imaginaire et dans la culture de leurs détenteurs.

Conclusion de la troisième partie

Les deux volets de cette dernière partie ont permis de mettre en scène les instruments de la socio-économie des transports pour examiner la façon dont ils agissent sur l'objet *mobilité quotidienne*. Le Chapitre 7 a présenté les grandes lignes théoriques de l'évaluation économique des politiques de transport (règles de composition) et les a appliquées à l'Enquête Globale Transport pour donner une idée de l'image des pratiques de mobilité qui en ressort (prise de vue). Certaines pratiques sont exclues d'office du PPT : l'immobilité et la mobilité non motorisée ; d'autres sont incluses mais restent en arrière plan ; d'autres enfin, comme la mobilité en heure de pointe pour motif de travail, occupent le devant de la scène.

Les individus ont des pratiques de mobilité différenciées et ces pratiques mettent en jeu des espaces différents. Valoriser un certain type de déplacements par rapport aux autres revient donc à valoriser certains individus et certains espaces plus que d'autres. L'inégale prise en compte des différents types déplacements dans le *processus de planification des transports* (PPT) a donc nécessairement des implications sociales et des implications spatiales.

C'est l'objet du Chapitre 8 : mettre en scène les effets spatiaux résultant de l'application systématique des critères d'évaluation socio-économique. L'approche proposée part d'une définition restrictive du *processus de planification des transports* qui consiste à en évacuer toute dimension politique. Le modèle proposé génère un réseau de transport par un seul mécanisme qualifié de *boucle inductive*. Ce modèle a permis d'aborder deux questions essentielles touchant aux réseaux de transport : la question de la forme et la question du mode.

Sur la question de la forme, le modèle SERT montre que les instruments de la socio-économie des transports, appliqués systématiquement, produisent un réseau peu maillé et très centralisé même sur un espace homogène et isotrope. Cette conclusion éclaire certains aspects du débat actuel sur les rocade ferrées franciliennes. De façon plus générale, elle

renvoie à des enjeux d'équité territoriale, puisqu'un tel réseau se caractérise par une inégalité d'accessibilité maximale.

Sur la question du mode de transport, l'exercice de modélisation mène à la conclusion que ces instruments ne constituent pas une technique de planification intrinsèquement « au service de l'automobile ». Ils sont au service de l'automobile pour la seule raison qu'ils ont été, à une certaine époque, développés et monopolisés par des partisans du mode automobile.

Il serait également intéressant de faire l'examen des effets sociaux du *processus de planification des transports*. Il s'agirait, comme l'a proposé Karel Martens (2006, 2008, 2011), d'examiner si le PPT a un effet systématique sur l'inégale distribution des avantages d'accessibilité parmi la population. Cette question s'inscrirait dans la suite logique de cette partie, c'est une piste pour des recherches futures.

Conclusion générale

La thèse retrace la constitution du *domaine* de la socio-économie des transports et examine comment ce dernier a inventé l'idée de mobilité quotidienne. Elle s'attache à comprendre les raisons, les mécanismes et les conséquences d'une telle invention. Dans cet objectif, l'ensemble de la thèse se structure autour de la distinction entre *idée* et *objet* proposée par Ian Hacking (cf. Chapitre 1). L'**objet** *mobilité quotidienne* est constitué des pratiques effectives de mobilité. L'**idée** *mobilité quotidienne* est constituée d'un ensemble de concepts destinés à l'appréhender. La première partie de la thèse s'intéresse à la construction de l'idée *mobilité quotidienne*. La deuxième partie interroge les principaux concepts utilisés pour appréhender la *mobilité quotidienne* à travers des analyses empiriques. La troisième examine comment la « mise en idée » de la *mobilité quotidienne* a eu un effet sur l'objet *mobilité quotidienne*, c'est-à-dire sur les pratiques de mobilité elles-mêmes.

Ce travail s'appuie sur la construction d'un corpus original constitué de sources qualitatives et quantitatives. Le rôle du matériau qualitatif produit et mobilisé peut être compris en reprenant la distinction établie par Hacking et Desrosières (cf. Section 1.3) entre histoire internaliste et externaliste. Les histoires internalistes, qui ne s'intéressent qu'au contenu technique et conceptuel d'un champ disciplinaire, n'ont besoin que de documents techniques décrivant les concepts et les méthodes utilisés. Dans une perspective externaliste, qui s'intéresse aux conditions de production d'un corps de connaissances, il faut pouvoir accéder à d'autres types de sources. La thèse s'appuie donc sur deux corpus *ad hoc* constitués spécialement pour la thèse : un corpus d'archives, qui ne se limite pas aux seuls « documents techniques » et un corpus d'entretiens avec des acteurs clefs de la socio-économie des transports.

Ce matériau permet de retracer, dans une approche historique et épistémologique, la mise en place des instruments et des concepts de la socio-économie des transports. Ces instruments jouent un rôle essentiel pour la socio-économie des transports : je propose l'idée que ce sont précisément eux qui permettent de délimiter et de qualifier ce domaine. Son unité est variable au cours du temps, mais elle est suffisante pour permettre de constituer le *domaine* puis le *champ* de la socio-économie des transports en objet de recherche.

L'invention de la *mobilité quotidienne*, fruit d'une rencontre entre « fourmis » et « cigales »

Michel Bonnet (1978), en charge de la gestion de l'ATP Socio-économie des transports, rapporte une discussion ayant eu lieu lors du colloque de Royaumont (avril 1978). L'un des intervenants défend l'idée que le chercheur ne doit pas intervenir dans les rapports de force menant à une prise de décision, ce rôle devant être assumé par « le corps des intellectuels de l'administration ». Ce passage met en évidence une distinction majeure entre la connaissance et l'action, répétée par la plupart des personnes interrogées dans le cadre de la thèse :

« Il y a des pragmatiques et il y a des théoriciens, des fourmis et des cigales si vous voulez. Et il y a toujours un gouffre entre les fourmis, c'est-à-dire ceux qui travaillent sur des problèmes macroscopiques de portée pratique ; et les cigales, qui travaillent de façon plus éclairante mais éloignée de toute utilité immédiate. »

Entretien avec Alain Bieber, 9 mai 2011.

« Il y a toujours une différence entre une administration qui est dans l'action par rapport à des chercheurs qui sont dans la compréhension. Entre ce qui agissent et ceux qui comprennent il y a un décalage culturel. »

Entretien avec Oliver-Paul Dubois-Taine, 15 avril 2011.

Mettre en évidence et insister sur la distinction entre connaissance et action n'est pas, à première vue, très original. La distinction existe au moins depuis Platon et s'applique à de nombreux domaines. Pourtant, elle prend un sens particulier dans le cadre de la socio-économie des transports. D'abord, la constitution même de la socio-économie des transports comme *champ* passe par la réunion de ces deux mondes, le monde de l'action et celui de la compréhension. La socio-économie des transports des années 1960 a été qualifiée dans le premier chapitre de *domaine d'expertise* : il n'a quasiment aucun lien avec l'université, il a très peu de fondements théoriques, il est presque entièrement dédié à l'expertise et laisse très peu de place à la recherche. Au début des années 1970, la situation évolue sous l'effet de plusieurs facteurs. Deux d'entre eux renvoient directement aux commentaires d'Alain Bieber et Olivier Paul-Dubois-Taine : on assiste parallèlement à

un essoufflement de l'idéal d'optimisation et de rationalisation des ingénieurs-économistes qui s'ouvrent aux sciences sociales et à une évolution de certaines sciences sociales qui se rendent prêtes à jouer le jeu de l'expertise. C'est cette rencontre entre les « fourmis » et les « cigales », orchestrée par l'ATP Socio-économie des transports durant les années 1970, qui marque le passage du *domaine d'expertise* au *champ scientifique hétéronome*.

Ce n'est pas la seule raison pour laquelle le décalage culturel entre ceux qui sont dans l'action et ceux qui sont dans la compréhension prend un sens particulier dans le cadre de la socio-économie des transports. Il y a aussi la présence d'un « corps des intellectuels de l'administration » très particulier : le corps des ingénieurs des Ponts et Chaussées. [Offner \(1994\)](#) s'est interrogé sur la nature de la socio-économie des transports : s'agit-il d'un champ scientifique ou d'un domaine administratif ? Cette question est transférable aux individus qui constituent ce domaine durant les années 1960. Que sont ces ingénieurs-économistes, dont la plupart sont membres du corps des Ponts et Chaussées ? Ils ne sont ni des chercheurs, ni des techniciens, ni des décideurs politiques. S'il est difficile de définir la nature du domaine ou du champ de la socio-économie des transports, il est également difficile de définir la nature des individus qui le constituent. À la fois ingénieurs, économistes, experts et technocrates, ils se situent le long d'un gradient entre connaissance et action et la répartition des rôles n'est pas évidente.

La grande spécificité du cadre français des années 1960, cadre dans lequel est née la socio-économie des transports, est que l'expertise sur les transports est presque totalement internalisée par l'administration. Plus précisément, elle est internalisée, au sein de l'administration, par le corps des Ponts et Chaussées. Les auteurs qui ont proposé une approche historique et critique sur l'action du Corps des Ponts ont largement insisté sur les stratégies corporatives de prise du pouvoir. Jean-Claude Thoenig ([1987](#), première édition en 1973) affirme que « l'histoire du corps des Ponts et Chaussées est celle d'une constante attention accordée à l'extension de ses fonctions et privilèges » (p.241). À sa suite, Gabriel Dupuy ([1975](#)) a développé cette idée en l'appliquant plus précisément aux dispositifs techniques. Selon lui, les modèles « légitiment l'action planificatrice de l'appareil d'État » (p.169) par le truchement du corps des Ponts et Chaussées. Le mode de légitimation consiste à présenter cette action comme scientifique, appliquée au transport urbain et orientée par l'intérêt général alors qu'elle est en fait technique, appliquée à la circulation des véhicules automobiles et orientée vers la reproduction élargie du système économique route-automobile. D'autre part, les dispositifs techniques, chez lui il s'agit surtout des modèles de trafic, auraient été utilisés par le corps des Ponts comme gage de technicité pour se faire une place sur la scène de l'aménagement urbain et évincer d'autres disciplines.

La stabilité des dispositifs techniques envers et contre tout

Prendre acte des stratégies du corps des Ponts ne suffit pas à expliquer la mise en place et le maintien des instruments de la socio-économie des transports. Ces derniers sont constitués et utilisés en grande partie au sein de l'administration. Quelques grands bureaux d'études produisent aussi de l'expertise, et cette dernière alimente l'expertise internalisée dans les administrations. On retrouve ainsi la situation décrite par Roqueplo : les experts administratifs sont des ingénieurs compétents dans leur domaine, ils font parfois appel à des experts extérieurs qui ont une formation et une culture très proche de la leur et tous, experts internes et externes, ont tendance à « restreindre culturellement le champ de l'expertise à celui de leur propre compétence » (Roqueplo 1997, p.64). C'est en développant des instruments dédiés à cet expertise que se constitue le *domaine* de la socio-économie.

Parmi ces instruments d'expertise, trois grands dispositifs techniques sont distingués : un dispositif de quantification de la mobilité, un dispositif de modélisation et un dispositif d'évaluation économique (cf. Chapitre 2). Dans cette première partie, je pars d'un constat essentiel de l'anthropologie des techniques : un objet technique ne peut être appréhendé isolément. Sur cette base, je propose la notion de *matrice technique* unissant les trois dispositifs techniques, matrice dont la cohérence tient aux relations de dépendance fonctionnelle que les dispositifs entretiennent (cf. Chapitre 3). Le choix du terme de « matrice » (dérivé du latin *mater*), plutôt que ceux de « système » ou de « complexe » utilisés en anthropologie des techniques, se justifie par deux caractéristiques essentielles : elle donne naissance et elle entoure. C'est en son sein que prennent naissance les principaux objets conceptuels de la socio-économie des transports et c'est dans son cadre que se définissent ses principaux questionnements. L'invention de l'idée *mobilité quotidienne* ne peut être comprise que dans le cadre de cette *matrice technique*.

La *matrice technique* est définie comme un ensemble de dispositifs techniques « qui se tient », au sens utilisé par Thévenot et Desrosières : chaque dispositif est relié aux autres par des relations durables qui assurent la stabilité de l'ensemble. Les trois dispositifs qui constituent la matrice apparaissent au même moment, dans le même milieu et se maintiennent dans leur forme jusqu'au début des années 1980 sans connaître d'évolutions majeures. Ces dispositifs se maintiennent à la fois dans leur essence et dans les relations qu'ils établissent entre eux. La *matrice technique* est plus que la juxtaposition des trois dispositifs techniques : elle forme un tout rendu cohérent par le tissu de relations qui les unissent.

C'est précisément cette stabilité qui fait l'intérêt du travail réalisé dans la thèse et qui a motivé sa rédaction. Entre le milieu du XX^e siècle et le début du XXI^e siècle, plusieurs évolutions majeures ont eu lieu : le système décisionnel a changé ainsi que les pratiques administratives. Les individus participant à la connaissance et à l'action sur la *mobilité quotidienne* ont changé, dans le sens d'une plus grande variété disciplinaire. Les disciplines elles-mêmes ont évolué. Entre l'IBM 704 de la première étude globale et l'ordinateur portable du début des années 2000, l'équipement informatique s'est presque

métamorphosé. Enfin, les pratiques de mobilité ont évolué. Malgré toutes ces évolutions majeures, les dispositifs techniques se sont maintenus sans modifications essentielles.

Les enquêtes ménages déplacements standardisées par le SETRA, puis par le CETUR, puis par le CERTU commencent à se diversifier depuis une dizaine d'années. Les modèles désagrégés, qui font leur apparition au début des années 1970 aux États-Unis, ont fini par réussir leur difficile implantation en France. L'évaluation économique commence à s'associer à des analyses multicritères. Cependant, toutes ces évolutions sont récentes et ne doivent pas faire oublier une stabilité surprenante qui a duré près d'un demi-siècle. La notion de *matrice technique* aide à comprendre cette stabilité : les dispositifs techniques de la socio-économie des transports ne se maintiennent pas grâce à leurs qualités intrinsèques, ils se maintiennent parce qu'ils forment un ensemble robuste.

Le déplacement et l'espace des lieux

Comment les instruments de la socio-économie des transports façonnent nos connaissances sur la mobilité quotidienne ? La deuxième partie de la thèse part du constat de la stabilité des instruments et examine les conséquences de cette stabilité en termes de connaissances sur les pratiques de mobilité. Parmi les trois dispositifs techniques, le dispositif de quantification occupe une place à part. Il est passé d'un rôle subalterne, une sorte de sous-produit du modèle de trafic, à un instrument majeur de connaissance des pratiques de mobilité. Les enquêtes ménages déplacements se sont largement diffusées et aujourd'hui des organismes très divers en font des usages tout aussi divers. C'est pourquoi la deuxième partie de la thèse insiste tant sur les enquêtes.

Le dispositif d'enquête ménages déplacements a été conçu par les ingénieurs américains dans les années 1940 puis importé par les ingénieurs français dans les années 1950. Sa raison d'être était d'alimenter les modèles de trafic destinés à l'expansion des infrastructures routières. Le même dispositif est utilisé aujourd'hui pour évaluer si les actions prévues dans les Plan de Déplacements Urbains se traduisent par une diminution du trafic automobile (cf. Chapitre 6). Le dispositif qui produit les navettes domicile-travail a été créé à la fin du XIX^e siècle pour comptabiliser le nombre de salariés par établissement. Il est aujourd'hui utilisé pour étudier définir l'espace urbain ou pour évaluer les inégalités de genre dans l'accès au marché du travail. Les disciplines, les objectifs, les questions de recherche évoluent tout en continuant de manipuler des dispositifs techniques très anciens. Or, ces dispositifs ne sont pas neutres, ils ne peuvent être décrits par de la technique pure. Au contraire, ils véhiculent un contenu conceptuel pérenne.

C'est bien l'objectif de la deuxième partie de la thèse : mettre en évidence les liens qui existent entre des formalismes à première vue strictement techniques et des modes d'appréhension du phénomène de la *mobilité quotidienne*. La mise en forme du produit de l'enquête ménages déplacements est une opération à la fois technique et cognitive. Historiquement, cette opération s'est traduite par la mise en place d'un objet conceptuel

majeur : le déplacement. Durant près d'un demi-siècle, l'objet déplacement a concentré la quasi-totalité de l'information sur la mobilité, aux dépens d'autres objets candidats, en particulier de l'objet individu. C'est ainsi que le dispositif de quantification de la *mobilité quotidienne* « ménage un chemin » dans la connaissance des pratiques de mobilité. Ce chemin rend difficile l'appréhension diachronique des pratiques de mobilité en réduisant l'activité au statut d'*entre-déplacements* et en faisant des déplacements des segments isolés et indépendants les uns des autres. Il rend également difficile l'appréhension synchronique des pratiques de mobilité en faisant du temps une propriété parmi d'autres de l'objet déplacement. En somme, il rend techniquement et conceptuellement difficile d'appréhender la mobilité comme *tissu de trajectoires co-évolutives* (cf. Chapitre 4).

Il y a donc des liens entre formalismes techniques et modes d'appréhension du phénomène de la *mobilité quotidienne*. Ces liens peuvent également manquer de cohérence. La non congruence entre le discours et la mesure, constatée dans le Chapitre 6, est directement liée avec ce monopole de l'objet déplacement. D'un côté, l'appréhension de la mobilité glisse progressivement du déplacement vers l'individu, en partie parce que les centres d'intérêt et les utilisateurs des enquêtes ont évolué. De l'autre côté, le même dispositif d'enquête importé dans les années 1950 continue d'être utilisé et il porte avec lui, incrusté dans son modèle de données, une information centrée sur le déplacement. Le chapitre conclut donc à une évolution décalée : il y a parallèlement évolution des usages et inertie des instruments.

Partant de ce constat, je propose un ré-agencement du modèle conceptuel de données originel qui donne une grande marge de manœuvre pour l'étude des pratiques spatiales individuelles. En ramenant toute l'information sur la mobilité au niveau de l'individu, et en mettant sur le même plan les états mobiles et immobiles, ce ré-agencement permet d'appréhender la mobilité sous des angles différents, en particulier en termes de présence spatio-temporelle. L'application de ce modèle conceptuel alternatif mène à la conclusion, à première vue paradoxale, que la prédominance des approches par les déplacements et par les flux traduit une difficulté à concevoir l'espace d'un point de vue relationnel. La mise en forme de la *mobilité quotidienne* au travers des dispositifs de quantification, en particulier de l'EMD, renvoie à une conception aréolaire de l'espace (Kaufmann 2002). Il s'agit d'un *espace des lieux* : ensemble de zones reliées par des déplacements qui ne sont assortis que d'un seul attribut, leur métrique. Je développe l'idée que la vision fonctionnaliste de la ville comme collection de zones monofonctionnelles reliées par des infrastructures est encapsulée dans l'enquête ménages déplacements à travers la notion de *lieu-motif* (cf. Section 2.2.2), vision qui conduit à réifier des types de lieux. Cette conception est très éloignée de l'*espace des flux* (Castells 1989; 1996), du tout-relationnel proposé par certains auteurs (Graham et Marvin 1997, Graham 1998, Graham et Healey 1999).

La ville comme système productif à optimiser

En quoi les instruments de la socio-économie des transports agissent sur les réseaux de transport et sur les pratiques de mobilité? La troisième partie de la thèse poursuit la réflexion engagée sur les aspects performatifs de ces instruments. Elle examine le rôle de ces instruments dans la planification des réseaux de transport. Ces instruments ont été conçus pour guider les choix d'investissement : il est donc possible de postuler qu'ils ont un poids dans le type et la forme des réseaux de transports mis en place.

L'approche proposée part d'une définition particulière du *processus de planification des transports* qui consiste à le décapiter (détacher la tête) en évacuant toute dimension politique. Cette partie cherche à comprendre quelle serait l'action du Prince sur les réseaux de transport si celui-ci laissait toute marge de manœuvre à son conseiller, l'ingénieur-économiste. Celui-ci, à travers ses instruments, produit une certaine image de la *mobilité quotidienne* en valorisant certaines pratiques plus que d'autres. Selon D. Banister (2007, p.136), « la politique des transports est depuis toujours très nettement axée sur les migrants alternants mâles et motorisés, sans se préoccuper des besoins des autres membres de la société. » Plusieurs auteurs ont pointé ce fait, mais sans le confirmer d'un point de vue empirique. Les analyses réalisées dans la thèse quantifient précisément le différentiel de « préoccupation » pointé par Banister. Environ 43 % du total de déplacements réalisés par les Franciliens ne comptent pour rien dans l'évaluation socio-économique : les déplacements non motorisés et de courte distance. En revanche, l'évaluation socio-économique attache une grande importance à certains déplacements pourtant non majoritaires : les déplacements domicile-travail en heure de pointe. Cette prise en considération inégale est rattachée à la conception de la ville comme système productif à optimiser : « this is the image of the city as a productive society. If the city can be made more productive, then its residents ought all to benefit from this » (Carroll 1962, p.18).

Le dernier chapitre s'appuie sur l'analyse des dispositifs techniques réalisé dans la première partie de la thèse et sur les principes de planification présentés dans le Chapitre 7. Il examine le rôle des instruments de la socio-économie des transports dans la mise en place de réseaux de transport. Les instruments de la socio-économie des transports favorisent-ils un mode aux dépens d'un autre (le véhicule particulier aux dépens du transport collectif)? Favorisent-ils une forme aux dépens d'une autre (tracés radiaux aux dépens des tracés circulaires)? L'enjeu de ces questions est double. Le premier enjeu concerne les impératifs d'économie d'énergie et de réduction des émissions qui, selon les documents législatifs en vigueur, passent par une « diminution du trafic automobile » (cf. Section 6.2). Peut-on atteindre un tel objectif avec des instruments qui ne seraient qu'une « technique de planification au service de l'automobile » (Dupuy 1975)? Le second enjeu concerne l'organisation spatiale des espaces urbains et pose le problème de l'équité territoriale. Si la mobilité quotidienne est canalisée par les réseaux (Dupuy 1987), la forme de ces réseaux a un impact certain sur l'accessibilité et sur les flux observés. Un réseau constitué d'un

ensemble de lignes radiales renforcera nécessairement la polarisation de l'espace. Un réseau en étoile, très centralisé et très peu maillé, se traduit par des inégalités d'accessibilité maximales. Il est donc crucial de questionner les aspects performatifs des instruments de la socio-économie des transports sur la forme des réseaux.

Par l'intermédiaire d'un modèle de génération de réseau, je réponds en premier lieu à la question de la forme des réseaux. Faisant fonctionner une boucle inductive qui investit là où la demande est la plus forte, le raisonnement socio-économique tend à renforcer les axes dominants et à faire des réseaux centralisés et peu maillés. La question du mode de transport est importante parce que les travaux de Dupuy ont développé et diffusé l'idée que les instruments de la socio-économie des transports étaient une technique au service de l'automobile. Le dernier chapitre de la thèse conclut que les modèles de trafic et, de façon plus générale, les instruments de la socio-économie des transports ne constituent pas une technique de planification intrinsèquement pour l'automobile. L'automobilisation n'est pas contenue dans les instruments de la socio-économie des transports mais dans l'imaginaire et dans la culture de leurs détenteurs.

Ce travail a posé un grand nombre de questions dont certaines restent ouvertes. Il a mis l'accent sur la stabilité des instruments de la socio-économie des transports, les raisons, les mécanismes et les enjeux de cette stabilité. Les dix dernières années ont été riches d'évolutions : évolution progressive des instruments utilisés pour appréhender les pratiques de mobilité et évolution de ces pratiques elles-mêmes. Dans cette période de renouvellement, s'intéresser au rôle joué par les instruments semble essentiel. Ainsi, l'introduction de dispositifs de géolocalisation en temps réel (données GPS, données de téléphonie mobile) pose à première vue des questions purement techniques. Cependant, l'intérêt de ces nouveaux instruments vient surtout du fait qu'ils contribueront à renouveler l'ensemble de l'appareil conceptuel destiné à appréhender la mobilité et à agir sur elle.

À côté des traditionnelles enquêtes ménages déplacements, quelques dispositifs d'enquête originaux ont été mobilisés dans la thèse, en particulier l'enquête panel de Seattle et l'enquête Mobidrive (cf. Chapitre 6). Parmi les pistes de recherche futures, je souhaiterais mobiliser des dispositifs d'enquête originaux, dont les plus innovants semblent venir du domaine de la santé. L'enquête SIRS (Vallée *et al.* 2010) ou l'enquête RECORD (Chaix *et al.* 2011), par exemple, saisissent bien plus que les seuls déplacements. Elles produisent en particulier une information sur les réseaux de lieux fréquentés, sur l'environnement résidentiel et sur l'environnement non-résidentiel. Après m'être longuement concentré sur la stabilité des dispositifs techniques, je souhaiterais maintenant me focaliser sur leur évolution, à travers l'utilisation de ce type d'enquêtes innovantes.

Quatrième partie

Annexes, bibliographie, tableaux et figures

Détail des traitements réalisés

Détermination des séquences représentatives

La question des mobilités routinières est abordée à la Section 6.1.2 à partir de l'enquête Mobidrive. Une méthode est proposée pour produire un nombre réduit de séquences représentatives d'un ensemble plus vaste de séquences. Cette annexe détaille le traitement réalisé.

Chaque individu est caractérisé par une matrice de dissimilarité qui quantifie la différence entre les patrons quotidiens de mobilité des six semaines de recueil (en moyenne 26 jours ouvrables, du fait de la non réponse). Chaque individu est donc doté d'une matrice qui fait une taille moyenne de 26×26 . Pour chaque matrice de dissimilarités, un jeu de séquences représentatives est extrait grâce aux méthodes implémentées par [Gabadinho *et al.* \(2011\)](#). Ce jeu représente de une à une douzaine de séquences qui résument l'ensemble de ses patrons d'activités-déplacements observés sur six semaines de recueil.

L'objectif de la méthode est d'obtenir un jeu de séquences présentant le plus grande représentativité (*coverage*) avec le moins de redondance possible. Elle s'applique en deux temps :

1. Préparation d'une liste ordonnée de séquences candidates à la représentativité.
2. Suppression des séquences redondantes par une mesure de dissimilarité.

Plusieurs méthodes sont proposées pour mesurer la représentativité des séquences : densité, centralité, fréquence, etc. Pour contrôler la taille du jeu de séquences représentatives,

deux paramètres doivent être fixés : le seuil de représentativité (*coverage threshold*) et le seuil de voisinage (*neighborhood radius*). Le seuil de représentativité s'exprime en termes de proportion de séquences représentées. Par exemple, si on fixe un seuil à 50 %, on s'assure que la moitié des séquences ont une séquence représentative dans leur voisinage. Le seuil de voisinage s'exprime en termes de proportion de la dissimilarité ou distance maximum de la matrice. Par exemple, si on fixe un seuil à 20 %, une séquence a et redondante vis-à-vis d'une séquence b lorsqu'elle se situe à une distance inférieure à 20 % de la distance maximum.

En l'absence de théorie permettant de guider le calibrage, celui-ci est réalisé sur de façon exploratoire, sur des critères interprétatifs. Dans le traitement présenté à la Section 6.1.2, la méthode utilisée pour mesurer la représentativité est la méthode dite de « centralité ». La séquence la plus représentative est la plus centrale, c'est-à-dire celle pour laquelle la somme des distances à toutes les autres est minimale. Le seuil de représentativité est fixé à 90 % et le seuil de voisinage à 30 %.

Correspondance entre les zones de l'Enquête Globale Transport et les zones du modèle MODUS

Le repérage le plus fin des déplacements renseignés par l'Enquête Globale Transport (EGT) est un carroyage de 300 mètres de côté (dénommées par la suite "zones EGT"). Dans ces zones EGT il est possible de repérer les origines et les destinations des étapes de déplacements (marquées par le changement de moyen de transport) et, par extension, les origines et les destinations des déplacements. L'objectif de ce traitement est d'assigner les origines et destinations des déplacements aux zones du modèle MODUS pour en tirer un indicateur d'autocontention, qui est pour une zone i , le rapport entre le nombre de déplacements ayant leur origine et leur destination en i (intrazones) et le total des déplacements ayant leur origine en i .

Le modèle MODUS de la DREIF comporte est un zonage de la région Ile-de-France en 1289 zones (dénommées par la suite "zones MODUS"). Comme le maillage d'iris (5261 zones), le maillage MODUS est plus dense à l'hypercentre de l'aire métropolitaine et plus lâche en périphérie. Alors que les arrondissements parisiens sont découpés en 30 à 50 iris, la plupart des communes de grande couronne sont découpées en un seul iris, et l'iris par définition n'est jamais plus vaste que la commune. Le maillage de zones MODUS quant à lui est moins fin que le maillage en iris dans l'hypercentre et il est plus lâche en grande périphérie où une zone MODUS représente en général un regroupement de plusieurs communes (cf. Figure A.1).

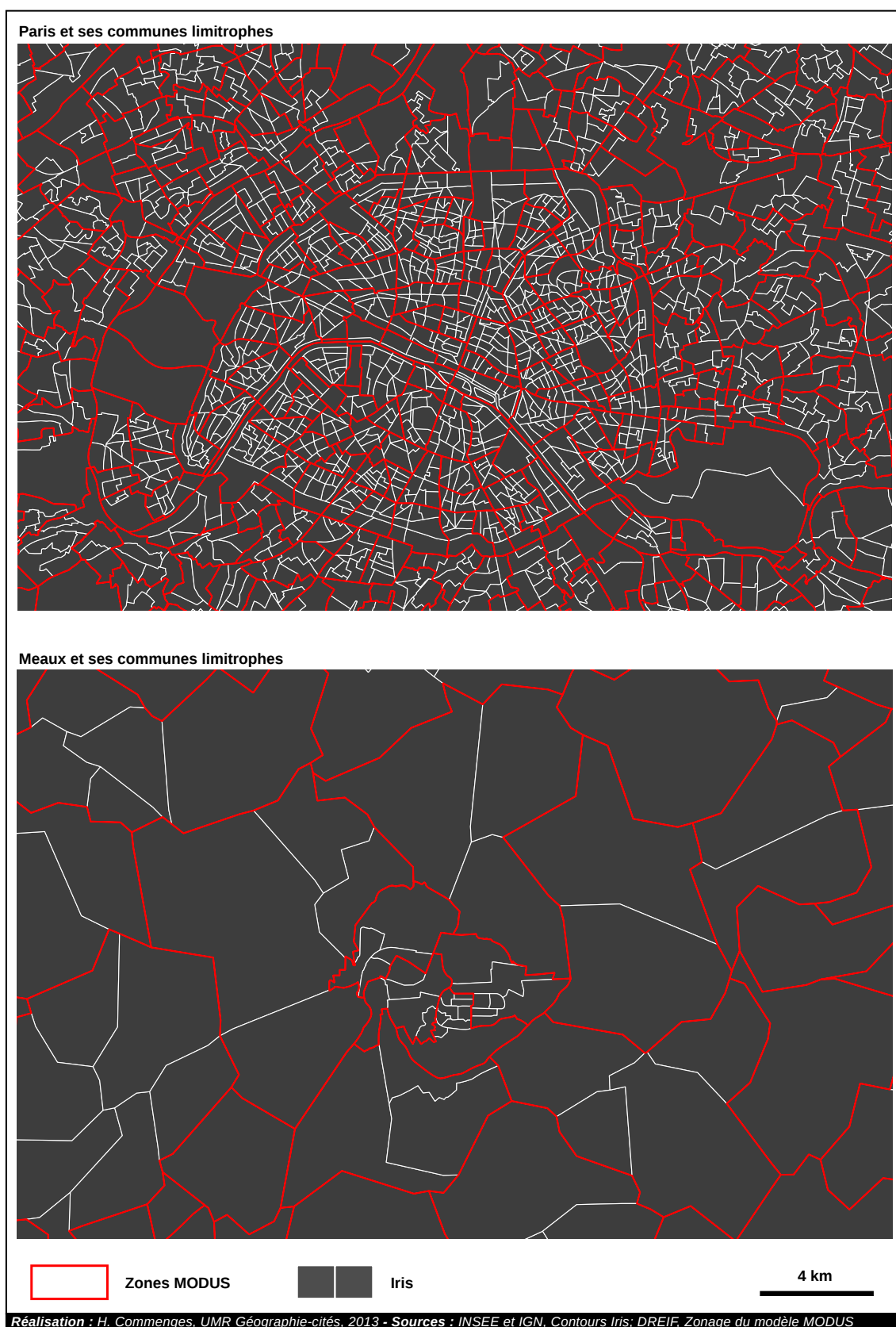


Fig A.1 – Comparaison des iris et des zones MODUS

Certaines zones EGT sont entièrement contenues dans des zones MODUS, dans ce cas la correspondance zones EGT - zones MODUS est immédiate. Dans un certain nombre de cas, les zones EGT sont à cheval sur plusieurs zones MODUS, l'assignation des origines et des destinations à une zone MODUS devient donc probabiliste. Le principe de la méthode d'assignation est simple et s'appuie sur l'hypothèse que la probabilité qu'un déplacement ait son extrémité dans une zone EGT est homogène sur la zone en question. Si la probabilité d'appartenance à une zone EGT est homogène, elle est égale à la surface incluse dans les zones MODUS concurrentes. Dans l'exemple ci-dessous (cf. Figure A.2), la zone E1 a 100 % de chances d'appartenir à la zone M1. La zone E5, dont 20 % de la surface appartient à la zone M1 et 80 % de la surface appartient à la zone M3, a respectivement 20 et 80 % de chances d'appartenir à ces zones.

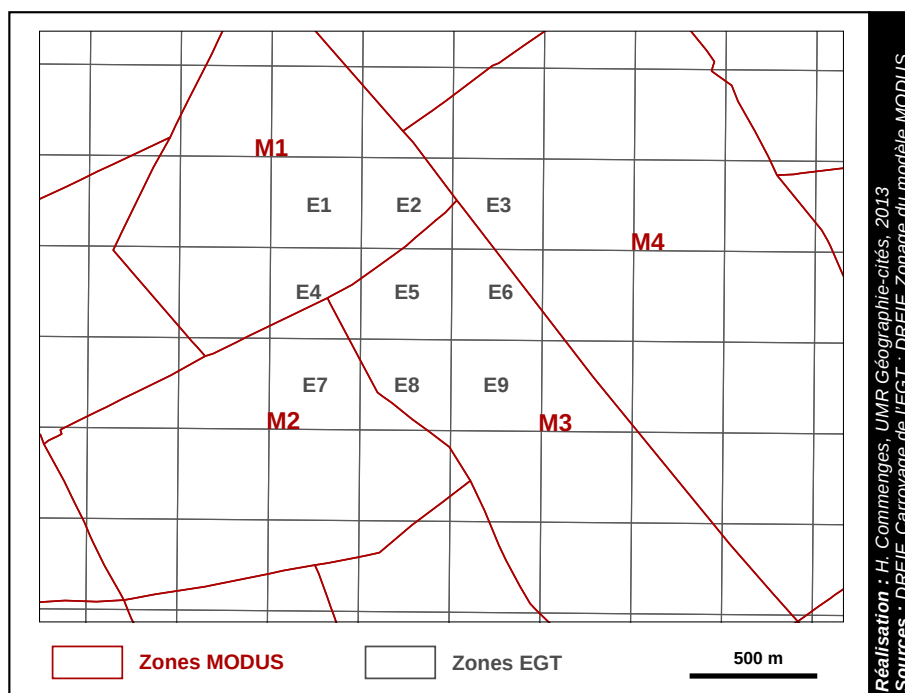


Fig A.2 – Méthode d'assignation des zones EGT aux zones MODUS

Cette incertitude a des conséquences importantes sur la nature intra- ou interzones (MODUS) des déplacements. Par exemple, un déplacement ayant son origine et sa destination dans la zone E5 peut être de 4 sortes différentes vis-à-vis des zones MODUS, chacune assortie d'une probabilité :

- Origine et destination dans la zone M3 (intrazone) avec une probabilité de 64 %
- Origine et destination dans la zone M1 (intrazone) avec une probabilité de 4 %
- Origine en M1 et destination en M3 (interzone) avec une probabilité de 16 %
- Origine en M3 et destination en M1 (interzone) avec une probabilité de 16 %

Plus la multi-appartenance d'une zone EGT est élevée, plus le nombre de combinaisons possibles augmente : le nombre de combinaisons possibles pour un déplacement ayant son origine et sa destination dans une même zone EGT à cheval sur n zones MODUS est égal à n^2 .

La méthode utilisée pour pallier cette incertitude et pouvoir comptabiliser les déplacements intra- et interzones MODUS consiste à créer un jeu de dictionnaires de correspondances probabilistes entre zones EGT et MODUS. Chaque dictionnaire est créé de la façon suivante : à une zone EGT E_i correspond un vecteur de zones MODUS d'appartenances possibles assorti d'un vecteur de probabilités d'appartenance à ces zones. Un tirage aléatoire d'une zone MODUS selon ce vecteur de probabilité permet d'assigner à chaque zone EGT une zone MODUS, jusqu'à reconstruire pour tous les déplacements les zones MODUS d'origine et de destination. L'opération est répétée 50 fois et l'indicateur d'autocontention final (cf. Section REF) est la moyenne des 50 indicateurs obtenus à partir du jeu de 50 dictionnaires de correspondances.

Détermination du nombre maximum de cycles dans un graphe

Au début des années 1960, l'ouvrage de [Kansky \(1963\)](#) diffuse dans le domaine de la géographie des transports les travaux de Claude Berger sur la théorie des graphes. Il reprend également un indicateur spécialement conçu pour décrire le degré de maillage d'un réseau de transport : l'indicateur α de [Garrison et Marble \(1961\)](#) :

$$\alpha = \frac{\Gamma}{\Gamma_{max}} \quad (\text{A.1})$$

Le nombre cyclomatique observé Γ est égal à $E - V + P$. Il est invariant selon le type de graphe et ne dépend que du nombre d'arcs (E), du nombre de nœuds (V) et du nombre de composantes connexes (P). Le nombre cyclomatique maximum (Γ_{max}), en revanche, varie selon qu'il s'applique à un graphe planaire ou non planaire, c'est le nombre de cycles maximum sachant le nombre de nœuds. Dans le cas d'un graphe planaire $\Gamma_{max} = 2V - 5$.

Pour évaluer un modèle qui génère des liens et non nécessairement des nœuds, et qui plus est qui génère des liens avec des contraintes topologiques (grille carrée avec voisinage de Von Neumann), le nombre de cycles maximum pour un graphe à n arcs ne peut être calculé avec ces formules. Il est ici déterminé avec un algorithme qui maximise le nombre de cycles en fonction du nombre de liens.

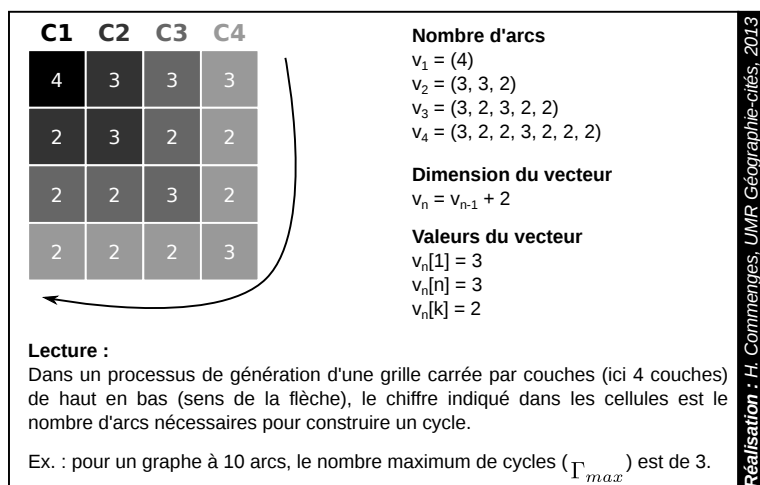


Fig A.3 – Calcul du nombre cyclomatique maximum

semble de façon à former une grille de neuf cycles (couche C3), les sept cycles suivants sont construits de façon à former une grille de seize cycles (couche C4), etc. Le nombre de cycles par couche peut être considéré comme une suite régulière (*dimension du vecteur* sur la Figure A.3). Le nombre d'arcs nécessaires pour faire un cycle est également une suite régulière au sein de chaque couche (*valeurs du vecteur*). Cet algorithme permet de calculer le nombre de cycles maximum dans une grille pour un nombre d'arcs donné (Γ_{max}) et donc de calculer un indice de maillage adapté au modèle.

L'idée est de construire le graphe qui se rapproche le plus d'une grille carrée avec le nombre d'arcs disponibles. Cette construction se fait par couches, les quatre premiers arcs forment une première grille à un cycle (couche C1), les trois cycles suivants sont construits autour de la première couche de manière à former une grille de quatre cycles (couche C2), les cinq cycles suivants sont construits autour de cet en-

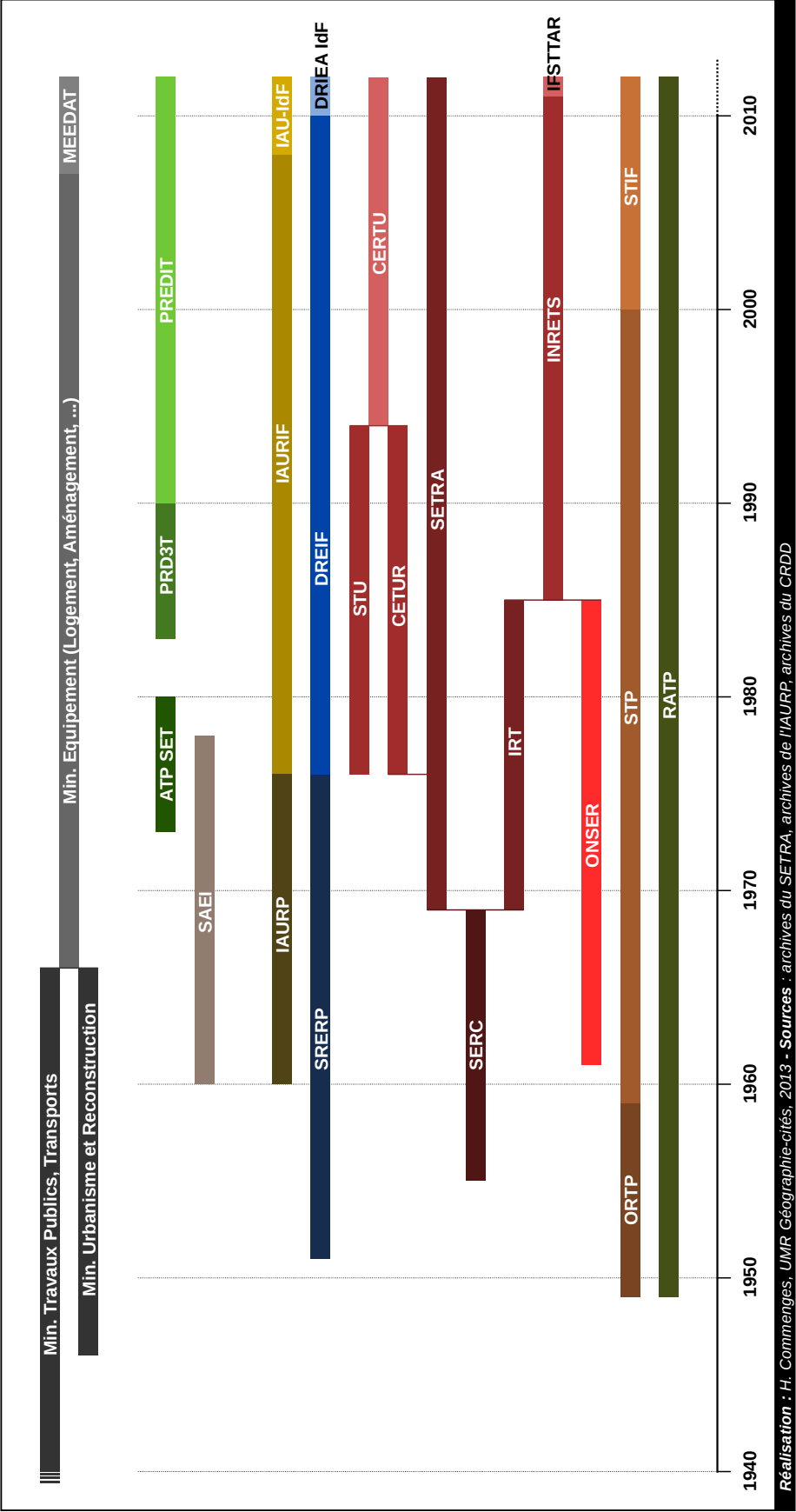
Les sigles utilisés et leur évolution

Cette annexe présente la liste des institutions citées dans ce travail, ainsi que le sigle les désignant. Certains de ces organismes ont été transformés et/ou renommés au gré des démembrements et de remembrements administratifs. Le passage d'un organisme à un autre recouvre différents types de transformations :

- changement de nom : IAURIF \rightarrow IAU-IdF ;
- fusion de plusieurs organismes en un seul : IRT + ONSER \rightarrow INRETS ;
- démembrement d'un organisme en plusieurs : SERC \rightarrow SETRA + IRT ;
- changement de périmètre ou de nature : SRERP \rightarrow DREIF.

Le graphique qui suit replace ces transformations sur une frise chronologique, permettant une vue d'ensemble.

AOTU	Autorité Organisatrice des Transports Urbains
ATP	Action Thématique Programmée
CBD	<i>Central Business District</i>
CEMT	Conférence Européenne des Ministres de Transport
CERAU	Centre d'Études et de Recherches sur l'Aménagement et l'Urbanisme
CERTU	Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports et l'Urbanisme
CETE	Centre d'Études Techniques de l'Équipement
CETUR	Centre d'Études des Transports Urbains
CREDOC	Centre de Recherche pour l'Étude et l'Observation des Conditions de Vie
DREIF	Direction Régionale de l'Équipement d'Île-de-France
EGT	Enquête Globale Transport
EMD	Enquête Ménages Déplacements
EMQ	<i>Enquesta de Mobilitat Quotidiana</i>
DRIEA IdF	Direction Régionale et Interdépartementale de l'Équipement et de l'Aménagement d'Île-de-France
IAU-IdF	Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île-de-France
IAURIF	Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île-de-France
IAURP	Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Parisienne
IEE	Institut des Études Économiques
IFSTARR	Institut Français des Sciences et Technologie des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux
INRETS	Institut Nationale de Recherche sur les Transports et leur Sécurité
IRT	Institut de Recherche sur les Transports
LET	Laboratoire d'Économie des Transports
ONSER	Office National de la Sécurité Routière
ORTP	Office Régional des Transports Parisiens
PADOG	Plan d'Aménagement et d'Organisation de la Région Parisienne
PDU	Plan de Déplacements Urbains
PRD3T	Programme de Recherche et de Développement Technologique dans les Transports Terrestres
PREDIT	Programme de Recherche et d'Innovation dans les Transports Terrestres
SAEI	Service des Affaires Économiques et Internationales
SARP	Service d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Parisienne
SERC	Service d'Études et de Recherches sur la Circulation
SETEC	Société d'Études Techniques et Économiques
SETRA	Service d'Études sur les Transports, les Routes et leurs Aménagements
SMA, SEMA	Société de Mathématiques Appliquées, Société d'Économie et de Mathématiques Appliquées
SRERP	Service Régional de l'Équipement de la Région Parisienne
STIF	Service des Transports d'Ile-de-France
STP	Service des Transports Parisiens
STU	Service Technique de l'Urbanisme



Réalisation : H. Commenges, UMR Géographie-cités, 2013 - Sources : archives du SETRA, archives de l'IAURP, archives du CRDD

Description des enquêtes utilisées

Enquête Globale Transport (EGT)

Mise à disposition par la Direction Régionale de l'Équipement d'Île-de-France (DREIF).

- **Description** : l'EGT est une enquête ménages déplacements (EMD), il ne s'agit pas d'une EMD « standard CERTU » mais les différences sont mineures. Elle produit une information sur les déplacements de tous les individus des ménages de l'échantillon. Un entretien en face à face recueille tous les déplacements, quel qu'en soit le mode et le motif, réalisés la veille de l'entretien par ces individus.
- **Producteur** : l'EGT est pilotée par la direction régionale de l'équipement (SRERP, puis DREIF, puis DRIEA IdF) depuis la première édition de 1968-1969. La dernière édition (2010) a été pilotée par le STIF, ce qui marque la fin de l'exception parisienne : les EMD des autres agglomérations françaises ont toujours été pilotées par les AOTU.
- **Univers** : population résidente en Ile-de-France de 6 ans et plus. Deux évolutions importantes sont à noter : avant la création de la région IdF (prise en compte à partir de l'EGT 1983), l'espace d'étude est la région parisienne, espace défini par le *continuum* urbanisé. L'édition de 2010 abaisse le seuil d'âge de six à cinq ans, par soucis de compatibilité avec les EMD « standard CERTU ».
- **Échantillon** : 10 478 ménages pour l'EGT 2001-2002. Ces ménages comptent 23 656 individus qui réalisent un total de 81 386 déplacements. Les éditions précédentes (1976, 1983, 1991) ont des échantillons similaires, la dernière édition en revanche

(2010) a un échantillon bien supérieur : 18 000 ménages, 43 000 individus, 140 000 déplacements.

- **Étendue temporelle** : l'EGT compte six éditions : 1969, 1976, 1983, 1991, 2001-2002 et 2010. Les analyses empiriques réalisées dans cette thèse s'appuient principalement sur la série 1976-2002. L'édition 2010 a été mise à disposition trop tard pour être prise en compte dans cette thèse et l'édition 1969 n'a jamais été numérisée.

Enquête Ménages Déplacements (EMD) de Bordeaux

Mise à disposition par le Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports et l'Urbanisme (CERTU).

- **Description** : il s'agit d'une enquête ménages déplacements « standard CERTU ». Elle produit une information sur les déplacements de tous les individus des ménages de l'échantillon. Un entretien en face à face recueille tous les déplacements, quel qu'en soit le mode et le motif, réalisés la veille de l'entretien par ces individus.
- **Producteur** : l'enquête est pilotée par la Communauté Urbaine de Bordeaux.
- **Univers** : population résidente dans l'aire urbaine de Bordeaux (96 communes) de 5 ans et plus.
- **Échantillon** : 10 800 individus pour l'EMD de 1998 et 12 600 individus pour celle de 2009.
- **Étendue temporelle** : l'EMD de Bordeaux compte quatre éditions : 1978, 1990, 1998 et 2009. Les analyses empiriques réalisées dans cette thèse s'appuient sur les éditions de 1998 et de 2009.

Enquesta de Mobilitat Quotidiana (EMQ)

Mise à disposition par le Département de Politique Territoriale et Travaux Publics (DPTOP - *Departament de Polítiques Territorials i Obres Públiques*) de la Generalitat de Catalunya et par l'Autorité des Transports Métropolitains (ATM - *Autoritat del Transport Metropolità*).

- **Description** : l'EMQ est une enquête semblable aux EMD en ce qui concerne l'information produite sur les déplacements et les individus. Il s'agit cependant d'une enquête individus et non d'une enquête ménages : les logements sont tirés au sort

et, pour chaque logement, un individu est tiré au sort (« individu Kish »). C'est une enquête téléphonique (CATI - *Computer Assisted Telephone Interviewing*) qui produit une information sur tous les déplacements, quelqu'en soit le mode et le motif, réalisés la veille de l'entretien par l'enquêté.

- **Producteur** : l'EMQ est pilotée par la Département de Politique Territoriale et Travaux Publics (DPTOP) de la Generalitat de Catalogne et par l'Autorité des Transports Métropolitains (ATM, équivalent des AOTU en France). Elle est réalisée par l'Institut d'Études Régionales et Métropolitaines de Barcelone (IERMB), l'Institut de Statistique de Catalogne (Idescat) et le Centre d'Études d'Opinion (CEO).
- **Univers** : population résidente en Catalogne âgée de 4 ans et plus.
- **Échantillon** : 106 000 individus réalisant près de 400 000 déplacements.
- **Étendue temporelle** : l'EMQ compte trois éditions : 1996, 2001 et 2006. La méthode de recueil des données a changé entre 2001 et 2006 ce qui interdit les comparaisons de résultats entre ces enquêtes. Les éditions de 1996 et 2001 fonctionnaient avec un carnet hebdomadaire alors que celle de 2006 porte sur un seul jour, la veille de l'entretien téléphonique. Toutes les analyses sont réalisées sur l'EMQ 2006.

Puget Sound Transportation Panel Survey (PSTPS)

Mise à disposition par la banque de donnée *Metropolitan Travel Survey Archive* (MTSA - <http://www.surveyarchive.org/>).

Fichiers complémentaire mis à disposition par le *Puget Sound Regional Council*.

- **Description** : inspirée de l'enquête nationale hollandaise (*Dutch National Mobility Panel*), la PSTPS est la première enquête longitudinale américaine sur les transports. Elle produit une information sur un panel de ménages, avec deux jours de recueil par individu.
- **Producteur** : la PSTPS est pilotée par le *Puget Sound Regional Council*.
- **Univers** : la constitution de l'échantillon, plus complexe que dans les enquêtes transversales, est détaillée dans les documents disponibles sur de la banque de donnée *Metropolitan Travel Survey Archive*.
- **Échantillon** : environ 1 700 ménages (3 400 individus). Le taux d'attrition se situe autour de 20 % par vague. Sur les 1712 ménages de la 1^e d'enquête (1989), il en reste 389 lors de la 8^e vague (1999).

- **Étendue temporelle** : la PSTPS compte dix vagues : 1989, 1990, 1992, 1993, 1994, 1996, 1997, 1999, 2000 et 2002. Les analyses réalisées dans cette thèse s'appuient sur les huit premières vagues, de 1989 à 1999.

Enquête Mobidrive

Mise à disposition par l'*Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme* (IVT - <http://www.ivt.ethz.ch>).

- **Description** : l'enquête Mobidrive est une enquêtes ménages qui produit une information sur les pratiques routinières de mobilité à partir d'un recueil des déplacements sur six semaines.
- **Producteur** : l'enquête est pilotée par le groupe PTV (Karlsruhe), l'*Institut für Stadtbauwesen* (Aachen) et l'*Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme* (Zürich).
- **Univers** : échantillon de population résidant dans les villes de Halle et de Karlsruhe.
- **Échantillon** : 162 ménages, composés de 361 individus qui réalisent, sur six semaines, plus de 52 000 déplacements.
- **Étendue temporelle** : l'enquête Mobidrive ne compte qu'une seule édition réalisée en 1999.

Navettes domicile-travail

Mise à disposition par le Centre Maurice Halbwachs - ADISP (Réseau Quetelet).

- **Description** : les navettes domicile-travail (migrations alternantes, migrations pendulaires) sont produites par le recensement de la population français depuis 1896 (cf. Section 2.1.1). Il s'agit du couple de lieux formés par la commune de résidence et la commune de travail.
- **Producteur** : le recensement est produit par l'INSEE.
- **Univers** : population active occupée résidente en France.
- **Échantillon** : le recensement de la population produit une information exhaustive jusqu'à l'édition de 1999. Les analyses produites dans cette thèse s'appuient sur un sondage au quart.
- **Étendue temporelle** : six éditions sont mobilisés dans la thèse : 1968, 1975, 1982, 1990, 1999 et 2008. Les résultats ne sont numérisés qu'à partir de l'édition de 1962 et cette dernière n'est numérisée que partiellement.

Enquête Emploi du Temps (EdT)

Mise à disposition par le Centre Maurice Halbwachs - ADISP (Réseau Quetelet).

- **Description** : l'EdT est une enquête emploi du temps composée de plusieurs questionnaires. Un questionnaire *Ménage* renseigne sur la structure socio-démographique du ménage, sur son logement et l'équipement de ce logement. Un questionnaire *Individu* renseigne sur l'âge, le sexe, la situation matrimoniale, la catégorie socio-professionnelle, etc. de l'individu tiré au sort. Finalement, un questionnaire *Carnet d'activités* renseigne toutes les activités réalisées par l'individu durant une journée de 24 heures, avec un découpage en 140 modalités d'activités et un pas de temps de 10 minutes.
- **Producteur** : l'EGT est conçue dans le cadre d'un partenariat entre l'INSEE, le Ministère du Travail et de l'Emploi (DARES - Direction de l'Animation, de la Recherche, des Études et des Statistiques) et le Ministère de l'Éducation Nationale (DEPP - Direction de l'Évaluation, de la Prospective et de la Performance). Elle est réalisée par l'INSEE depuis la première édition de 1966.
- **Univers** : l'EdT est une enquête nationale, en 1966 seules six villes du Nord et de l'Est ont été enquêtées, à partir de 1974-75 elle est réalisée sur un échantillon représentatif de la France urbaine, en 1985-86 l'échantillon est représentatif de la France métropolitaine dans son ensemble, à laquelle s'ajoutent en 2009-10 certains départements d'outremer. Jusqu'à 2009, seule la population de 15 ans et plus était enquêtée, dans la dernière édition le seuil est abaissé à 11 ans.
- **Échantillon** : l'échantillon était d'environ 10 000 ménages dans les premières éditions, il atteint 17 000 ménages pour l'édition 2009-2010 et 18 000 individus. Pour chaque ménage un individu « kish » est tiré au sort pour remplir le carnet d'activités, son conjoint est parfois enquêté également dans le cadre du module *Décisions dans les couples*.
- **Étendue temporelle** : l'enquête Emploi du Temps existe depuis 1966, elle compte actuellement cinq éditions : 1966, 1974-75, 1985-86, 1998-99 et 2009-10. Les analyses empiriques sont ici réalisées exclusivement sur l'édition 2009-2010.

ANNEXE D

Compte-rendu de voyage aux États-Unis (CREDOC, 1966)

Q
= 3 ex → Blumitz.
Equipe Mercadal
1 → March

VOYAGE U.S. 1966

COMPTE RENDU DE VOYAGE

MATHEMATICA (Princeton)

Nous avons été reçus à Mathematica par Richard E. QUANDT, co-auteur avec Henderson d'un ouvrage sur la présentation mathématique de la micro-économie, et Blackburn, chercheur de son équipe. Nous avons vu aussi Fabian, président de Mathematica.

Mathematica est un centre de recherches plutôt que bureau d'étude, vivant sur des fonds complètement privés. Il emploie une soixantaine de chercheurs dans toutes les études économiques et d'organisation où les mathématiques et le calcul sur machine peuvent être utiles. Mathematica fait aussi bien des études d'organisation d'entreprise (en sélectionnant les sujets nécessitant recherche méthodologique) que des études pour l'Administration. L'un des sujets les plus pittoresques traités actuellement est l'application de la théorie des jeux à la détermination des stratégies en cas de conflit nucléaire.

K.E. Quandt dirige le projet de recherche sur la demande de transport par mode dans le Northeast Corridor. Mathematica s'est vu confier cette étude après avoir soumissionné à un très large appel d'offres. Le

G. MERCADAL/GH
29 juin 1966
2332

2.

contrat de définition d'étude était de neuf mois. La phase actuelle qui doit conduire au modèle d'affectation de 17 mois. On peut caractériser ainsi la démarche de Quandt et de son équipe :

- sur le plan des données, aucune enquête ne sera réalisée. Il s'agit donc d'utiliser au mieux l'ensemble de l'information existante sur les flux O.D. dans la région considérée.

- le modèle utilisé sera donc forcément un modèle agrégé. Néanmoins, de manière à préciser la forme sous laquelle les paramètres de décision du modèle (qui sont des paramètres caractérisant les modes) interviennent, Quandt et Blackburn se sont livrés, et se livrent à l'exercice qui consiste à partir d'un modèle de choix individuel puis à l'agréger.

- Dans cette voie, Blackburn est certainement celui qui a été le plus loin. Il exprime la probabilité de choix d'un mode déterminé par un modèle à utilité stochastique, c'est à dire de la forme :

$$U_m = a p_m + b t_m + \varepsilon_m$$

où p_m , t_m sont respectivement le prix, le temps du mode m et ε_m un terme aléatoire. La probabilité de choisir le mode m plutôt que m' est alors donnée par :

$$P(m/m') = P_r (a \Delta p + b \Delta t + \varepsilon_{mm'} > 0)$$

Blackburn pense pouvoir estimer les choix de probabilités $\varepsilon_{mm'}$, à condition de les supposer normales (Il compte employer pour cela un programme quadratique minimisant l'erreur commise sur les $P(m/m')$, dans lequel la moyenne et l'écart type de $\varepsilon_{mm'}$ seraient les inconnues, a et b des paramètres). Lors de notre visite, Blackburn était en train d'élaborer son affaire. Il nous a promis un papier.

Il n'a par contre pas fait énormément d'effort sur l'agrégation. Il se contenterait d'introduire les probabilités ainsi obtenues dans un modèle gravitaire.

Nous avons aussi discuté du modèle proposé dans la note CREDOC-SETEC. Quandt ne connaissait pas la formulation de Luce et c'est sur ce point qu'il a été le plus réservé. Nous avons paru d'accord par contre sur la démarche générale à suivre en matière d'établissement de modèles :

- recherche de modèles individuels, éventuellement probabilistes
- agrégation de ceux-ci

Celle-ci permet le mieux de se rendre compte des hypothèses nécessaires pour l'estimation du modèle. Elle est aussi très souvent la plus délicate.

Nous présentons, en annexe bibliographique, une analyse succincte du modèle élaboré par Quandt et Baumol lors de la première phase et des propositions pour la deuxième phase.

PHILADELPHIE
BRITTON HARRIS

Britton Harris est professeur de City Planning à l'Université de Philadelphie. Ses travaux ont porté uniquement sur des problèmes d'aménagement intra-urbain, notamment de transport et de localisation.

Britton Harris a fait les remarques suivantes sur la manière dont nous abordons la demande de transport inter-régional :

- le fait de distinguer des catégories de situation lui paraît positif. Cela est fait en transport intra-urbain lorsqu'on distingue par exemple les voyages domicile-travail et les voyages courses et achats. Fais les forma-

Bibliographie

- ABBOTT, A. (1995). Sequence analysis : new methods for old ideas. *Annual Review of Sociology*, vol.21, n°1, pp. 93–113.
- ABBOTT, A. et FORREST, J. (1986). Optimal matching methods for historical sequences. *Journal of Interdisciplinary History*, vol.16, n°3, pp. 471–494.
- ABBOTT, A. et HRYCAK, A. (1990). Measuring resemblance in sequence data : an optimal matching analysis of musicians' careers. *American Journal of Sociology*, vol.96, n°1, pp. 144–185.
- ABEILLE, M., JARRIGE, J.-M. et BLANPAIN, J. (1971). Comparaison des déplacements dans différentes villes françaises et étrangères. SETRA, Lyon.
- ABRAHAM, C. (1961). L'étude économique des investissements routiers. *Revue économique*, vol.12, n°5, pp. 755–780.
- ABRAHAM, C. et THÉDIE, J. (nd). *Rentabilité des travaux routiers. Cycles d'études 1961-1962*. Ministère de l'Équipement, Paris.
- AGAMBEN, G. (2007). *Qu'est-ce qu'un dispositif?* Rivages, Paris.
- AKRICH, M. (1987). Comment décrire les objets techniques? *Techniques et cultures*, vol.9, pp. 49–64.
- ALLAIN, J. (2007). La mixité sociale à l'épreuve des nouvelles temporalités. *Espace Populations Sociétés*, vol.2-3, pp. 299–304.
- ALLIX, J.-P. (1996). *L'espace humain. Une invitation à la géographie*. Editions du Seuil, Paris.

- ALONSO, W. (1960). A theory of the urban land market. *Papers in Regional Science*, vol.6, n°1, pp. 149–157.
- AMAR, G. (1993). Pour une écologie urbaine des transports. *Les Annales de la Recherche Urbaine*, vol.59-60.
- AMAR, G. (2010). *Homo mobilis : le nouvel âge de la mobilité*. FYP éditions, Limoges.
- AMIOT, M. (dir.) (1986). *Contre l'Etat, les sociologues*. EHESS, Paris.
- ANDAN, O., ASKEVIS, F., BOUVERET, M., CURRAT, C., MATALON, B., POITEVINEAU, J., REICHMAN, S. et SALOMON, I. (1984). Mobilité et espace urbain. étude longitudinale des comportements de mobilité en fonction d'un changement de résidence. Ministère des Transports, Paris.
- ANDLER, D. (2011). Le naturalisme est-il l'horizon scientifique des sciences sociales ? In MARTIN, T. (dir.) : *Les sciences humaines sont-elles des sciences ?* Vuibert, Paris.
- ANGELOUDIS, P. et FISK, D. (2006). Large subway systems as complex networks. *Physica A : Statistical Mechanics and its Applications*, vol.367, n°0, pp. 553–558.
- AS, D. (1978). Studies of time-use : problems and prospects. *Acta Sociologica*, vol.21, n°2, pp. 125–141.
- ASCHER, F. (1995). *Métapolis, ou, L'avenir des villes*. Odile Jacob.
- AVEROUS, B., COULON, A., MAESTRIPIERI, J. et MATALON, B. (1975). L'essor des deux-roues. analyse d'une erreur de prévision. BETEREM, Rapport pour le SAEI.
- AXHAUSEN, K. W., ZIMMERMANN, A., SCHÖNFELDER, S., RINDSFÜSER, G. et HAUPT, T. (2002). Observing the rhythms of daily life : A six-week travel diary. *Transportation*, vol.29, n°2, pp. 95–124.
- BACHELARD, G. (1934). *Le nouvel esprit scientifique*. Presses Universitaires de France, Paris.
- BANISTER, D. (2007). Transport, formes urbaines et croissance économique. In CEMT AND OCDE (dir.) : *Ville, forme et étalement urbains : une perspective européenne*. Les éditions de l'OCDE, Paris.
- BANOS, A. (2001). *Le lieu, le moment, le mouvement : pour une exploration spatio-temporelle désagrégée de la demande de transport en commun en milieu urbain*. Thèse de doctorat, Université de France-Comté, Besançon.
- BANOS, A. et THÉVENIN, T. (2005). Révéler les rythmes urbains par la carte animées. *Revue internationale de géomatique*, vol.15, n°1, pp. 11–32.

- BARABÁSI, A.-L. et ALBERT, R. (1999). Emergence of scaling in random networks. *Science*, vol.286, n°5439, pp. 509–512.
- BARRÉ, A. (1997). Quelques données statistiques et spatiales sur la genèse du réseau autoroutier français. *Annales de Géographie*, vol.106, n°593, pp. 229–240.
- BARTHÉLEMY, M. (2011). Spatial networks. *Physic Reports*, vol.499, pp. 1–101.
- BATES, J. (2000). History of demand modelling. In HENSHER, D. A. et BUTTON, K. J. (dir.) : *Handbook of transport modelling*. Pergamon, Amsterdam.
- BEAUD, S. (1996). L’usage de l’entretien en sciences sociales. plaidoyer pour l’“entretien ethnographique”. *Politix*, vol.9, n°35, pp. 226–257.
- BEAUD, S. et WEBER, F. (2003). *Guide de l’enquête de terrain. Produire et analyser des données ethnographiques*. La Découverte, Paris.
- BEAULIEU, A. (2010). From co-location to co-presence : shifts in the use of ethnography for the study of knowledge. *Social Studies of Science*, vol.20, n°10, pp. 1–18.
- BECHER, T. (1981). Towards a definition of disciplinary cultures. *Studies in Higher Education*, vol.6, n°2, pp. 109–122.
- BECHER, T. et TROWLER, P. R. (2001). *Academic tribes and territories. Intellectual enquiry and the culture of disciplines*. The SRHE, Open University Press, Buckingham.
- BECKER, H. S. (2002). *Les ficelles du métier*. La Découverte, Paris.
- BEESLEY, M. E. (1965). The value of time spent in travelling : some new evidence. *Economica*, vol.32, n°126, pp. 174–185.
- BEESLEY, M. E. et KAIN, J. F. (1964). Urban form, car ownership and public policy : an appraisal of traffic in towns. *Urban Studies*, vol.1, n°2, pp. 174–203.
- BERGER, P. L. et LUCKMANN, T. (1991). *The social construction of reality*. Penguin Books, London.
- BERNARD, S., DEBRINCAT, L. et SIMÉON, T. (2005). Les déplacements en transports collectifs en Ile-de-France. DREIF - Les cahiers de l’EGT.
- BERROIR, S., CATTAN, N., COMMENGES, H., DECROLY, J.-M., FLEURY, A. et GUÉROIS, M. (2011). Entre banalité et exotisme, le panel individuel des destinations touristiques. *Mondes du Tourisme*, vol.Hors série, pp. 50–62.
- BERROIR, S., CATTAN, N., DECROLY, J.-M., FLEURY, A. et GUÉROIS, M. (2009). Les mobilités internationales en europe. berlin, bruxelles, londres et paris dans les nouveaux réseaux territoriaux. *Géocarrefour*, vol.84, n°3, pp. 151–161.

- BERTRAND, F., COUDERC, C. et LADEGAILLERIE, E. (2008). La dynamique des activités en Ile-de-France. DREIF - Les cahiers de l'EGT.
- BESSE, J. (2000). Problèmes épistémologiques de l'explication. *In Géopoint 2000. L'explication en géographie*. Groupe DUPONT, Avignon.
- BESSON, J. (1992). Editorial. *In BESSON, J. (dir.) : La cité des chiffres ou l'illusion des statistiques*. Editions Autrement, Paris.
- BESSON, J. et JOURNET, O. (1986). Le nombre et son ombre. *In BESSON, J. et COMTE, M. (dir.) : Des mesures*. Presses universitaires de Lyon, Lyon.
- BLACK, W. R. (1971). An iterative model for generating transportation networks. *Geographical Analysis*, vol.3, n°3, pp. 283–288.
- BLANCHET, A. et GOTMAN, A. (2010). *L'enquête et ses méthodes : l'entretien*. Armand Colin, Paris.
- BLOSSFELD, H.-P. et ROHWER, G. (2002). *Techniques of event history modeling : new approaches to causal analysis*. Lawrence Erlbaum, Mahwah.
- BLOY, E., BONNAFOUS, A., CUSSET, M. et GÉRARDIN, B. (1977). *Evaluer la politique des transports*. Economica, Presses Universitaires de Lyon, Lyon.
- BOITEUX, M. (1994). Transports : pour un meilleur choix des investissements. Commissariat Général du Plan, Paris.
- BOITEUX, M. (2001). Transports : choix des investissements et coût des nuisances. Commissariat Général du Plan, Paris.
- BONFIGLIOLI, S. (1997). Urban time policies in Italy : an overview of time-oriented research. *Transfer : European Review of Labour and Research*, vol.3, n°4, pp. 700–722.
- BONGRAND, P. et LABORIER, P. (2005). L'entretien dans l'analyse des politiques publiques : un impensé méthodologique? *Revue française de science politique*, vol.55, n°1, pp. 73–111.
- BONNAFOUS, A., PATIER-MARQUE, D. et PLASSARD, F. (1981). *Mobilité et vie quotidienne*. Presses universitaires de Lyon, Lyon.
- BONNEL, P. (2001). *Prévision de la demande de transport*. HDR, Lumière - Lyon II, Lyon.
- BONNEL, P., LE NIR, M. et NICOLAS, J. (1994). Les enquêtes déplacements urbains : réflexions méthodologiques sur les enquêtes ménages et les enquêtes régionales origine destination canadiennes. LET, Lyon.

- BONNET, M. (1978). Espace régional et besoins de transport. analyse et compte-rendu des débats du colloque de royaumont (26-27 avril 1978). *Les Annales de la Recherche Urbaine*, pp. 115–128.
- BOUDER-PAILLER, D. et DION, E. (1997). La perte d'information dans les questionnaires : le cas des modalités de réponse indistinctes. *Revue française du marketing*, vol.162, n°2, pp. 33–45.
- BOURDIEU, P. (1978). Sur l'objectivation participante. réponses à quelques objections. *Actes de la recherche en sciences sociales*, vol.23, pp. 67–69.
- BOURDIEU, P. (dir.) (1992a). *La misère du monde*. Seuil, Paris.
- BOURDIEU, P. (1992b). *Réponses*. Seuil, Paris.
- BOURDIEU, P. (1997). *Les usages sociaux de la science*. INRA éditions, Paris.
- BOURDIEU, P. (2001). *Science de la science et réflexivité*. Raisons d'agir, Paris.
- BOURDIEU, P. (2004). *Esquisse pour une auto-analyse*. Raisons d'agir, Paris.
- BOURDIEU, P., CHAMBOREDON, J.-C. et PASSERON, J.-C. (1968). *Le métier de sociologue*. Mouton-Bordas, Paris.
- BOURDIEU, P., DARBEL, A., RIVET, J. et SEIBEL, C. (1963). *Travail et travailleurs en Algérie : données statistiques*. Mouton, Paris.
- BOUSTAN, L. P. (2010). Was postwar suburbanization “White Flight” ? Evidence from the Black migration. *The Quarterly Journal of Economics*, vol.125, n°1, pp. 417–443.
- BREESE, G. (1949). *The daytime population of the Central Business District of Chicago*. University of Chicago Press, Chicago.
- BREESE, G. (1959). Population densities around the clock. In MAYER, H. et KOHN, C. (dir.) : *Readings in urban geography*. University of Chicago Press, Chicago.
- BROADBENT, S. (2011). *L'intimité au travail*. FYP éditions.
- BRULHART, M.-C. et BASSAND, M. (1981). La mobilité spatiale en tant que système. *Revue suisse d'économie politique et de statistique*, vol.1, pp. 505–519.
- BRUNET, R., FERRAS, R. et THÉRY, H. (2005). *Les mots de la géographie : dictionnaire critique*. La Documentation Française, Paris.
- BUHLER, T. (2012). *Eléments pour la prise en compte de l'habitude dans les pratiques de déplacements urbains. Le cas des résistances aux injonctions au changement de mode de déplacement sur l'agglomération lyonnaise*. Thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées, Lyon.

- BUNLE, H. (1932). Migrations alternantes dans la région parisienne. *Bulletin de la Statistique générale de la France*, vol.21, pp. 585–612.
- CALLEN, D. (2011). *La “fabrique péri-urbaine”, système d’acteurs et production des ensembles pavillonnaires dans la grande couronne francilienne*. Thèse de doctorat, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Paris.
- CAMPBELL, D. T. et STANLEY, J. C. (1963). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Mc Nally, Chicago.
- CARDILLO, A., SCELLATO, S., LATORA, V. et PORTA, S. (2006). Structural properties of planar graphs of urban street patterns. *Physical Review E*, vol.73, n°6.
- CAREY, H. C. (1871). *Principles of social science*. Lippincott and co, Philadelphia.
- CARLSTEIN, T., PARKES, D. et THRIFT, N. (1978). *Human activity and time-geography*. Wiley and Sons, New York.
- CARROLL, J. (dir.) (1955a). *Detroit metropolitan area traffic study. Volume I : data summary and interpretation*. Speaker-Hines and Thomas, Lansing.
- CARROLL, J. (dir.) (1956). *Detroit metropolitan area traffic study. Volume II : future traffic and a long range expressway plan*. Speaker-Hines and Thomas, Lansing.
- CARROLL, J. (dir.) (1959). *Chicago area transportation study. Volume I : survey findings*. Authority of the State of Illinois, Chicago.
- CARROLL, J. (dir.) (1960). *Chicago area transportation study. Volume II : data projections*. Authority of the State of Illinois, Chicago.
- CARROLL, J. (dir.) (1962). *Chicago area transportation study. Volume III : transportation plan*. Authority of the State of Illinois, Chicago.
- CARROLL, J. D. (1949). Some aspects of the home : work relationships of industrial worker. *Land Economics*, vol.25, n°4, pp. 414–422.
- CARROLL, J. D. (1952). The relation of home to work places and the spatial pattern of cities. *Social Forces*, vol.30, n°3, pp. 271–282.
- CARROLL, J. D. (1955b). Spatial interaction and the urban-metropolitan regional description. *Papers in Regional Science*, vol.1, n°1, pp. 59–73.
- CASEY, H. J. (1955). Applications to traffic engineering of the law of retail gravitation. *Traffic Quarterly*, vol.9, n°1, pp. 23–35.
- CASTELLS, M. (1989). *The informational city : information technology, economic restructuring, and urban-regional process*. Blackwell, Oxford.

- CASTELLS, M. (1996). *The information age (1). The rise of the network society*. Blackwell, Cambridge.
- CATTAN, N. (2004). Le monde au prisme des réseaux aériens. *Flux*, vol.58, n°4, pp. 32–43.
- CATTAN, N. (2008). Genre, mobilité quotidienne et emploi en Île-de-France. In GAVRAY, C. (dir.) : *Femmes et mobilités*. Editions Cortext, Marcinelle.
- CATTAN, N. (2009). Territoire mobile. de l'impossible concept à l'apport des études genrées. In ROSIÈRE, S., COX, K., VACCHIANI-MARCUZZO, C. et DAHLMAN, C. (dir.) : *Penser l'espace politique*. Ellipses, Paris.
- CEMT (dir.) (1994). *Internaliser les coûts sociaux des transports*. OCDE, Paris.
- CERAU, S. (1968). Etude de la demande de transport sur l'axe Paris-Rouen-Le Havre. Rapport de synthèse sur l'étude de la sensibilité de la demande de transport régional par rapport aux conditions de transport. CERAU, SETEC, Paris.
- CERTU (1998). *L'enquête ménages déplacements méthode standard. Notes méthodologiques et annexes*. CERTU, Lyon.
- CERTU (2004). Chiffres clés des enquêtes ménages déplacements (CD-rom).
- CERTU (2006). Eléments pour évaluer la précision obtenue dans l'estimation des indicateurs données par les enquêtes ménages déplacements. CERTU, Lyon.
- CERTU (2007). Quelle est la consommation d'espace par les transports et par l'urbanisation ? Rapport pour le compte de la DAEI, Lyon.
- CERTU (2013). Un outil pour suivre la répartition géographique des habitants d'une agglomération sur une journée. CD-ROM.
- CERVERO, R. (2001). Induced demand : an urban and metropolitan perspective. Policy Forum : working together to adress induced demand.
- CERVERO, R. et HANSEN, M. (2002). Induced travel demand and induced road investment : a simultaneous equation analysis. *Journal of Transport Economics and Policy*, vol.36, n°3, pp. 469–490.
- CHAIX, B., KESTENS, Y., BEAN, K., LEAL, C., KARUSISI, N., MEGHIREF, K., BURBAN, J., FON SING, M., PERCHOUX, C., THOMAS, F., MERLO, J. et PANNIER, B. (2011). Cohort profile : residential and non-residential environments, individual activity spaces and cardiovascular risk factors and diseases-The RECORD Cohort Study. *International Journal of Epidemiology*, pp. 1–10.
- CHALAS, Y. (2000). *L'invention de la ville*. Anthropos, Paris.

- CHAMBOREDON, H., PAVIS, F., SURDEZ, M. et WILLEMEZ, L. (1994). S'imposer aux imposants. a propos de quelques obstacles rencontrés par des sociologues débutants dans la pratique et l'usage de l'entretien. *Genèses*, vol.16, pp. 114–132.
- CHAPIN, S. F. (1978). Human time allocation in the city. In CARLSTEIN, T., PARKES, D. et THRIFT, N. (dir.) : *Human activity and time-geography*. Wiley and Sons, New York.
- CHARDONNEL, S., CHARLEUX, L. et THIBAUT, P. (2010). Analyser les routines dans les emplois du temps par la mesure des concordances d'actogrammes. In et THOMAS THÉVENIN, A. B. (dir.) : *Mobilités urbaines et risques des transports : approches géographiques*, Traité IGAT. Hermès Lavoisier.
- CHARDONNEL, S., du MOUZA, C., FAUVET, M., JOSSELIN, D. et RIGAUX, P. (2004). Patrons de mobilité : proposition de définition, de méthode de représentation et d'interrogation.
- CHATZIS, K. (1997). La régulation des systèmes socio-techniques sur la longue durée. In GARIÉPY, M. et MARIÉ, M. (dir.) : *Ces réseaux qui nous gouvernent*. L'Harmattan, Paris.
- CHATZIS, K. (2009). De l'importation des savoirs américains à la création d'une expertise nationale : la modélisation des déplacements urbains en France, 1950-1975. In FLONNEAU, M. et GUIGUENO, V. (dir.) : *De l'histoire des transports à l'histoire de la mobilité ?* Presses Universitaires de Rennes, Rennes.
- CHATZIS, K. (2011). La modélisation des déplacements urbains en France depuis les années 1980, ou la domination progressive du champ par le secteur privé. *Flux*, vol.85-86, n°3, pp. 22–40.
- CHATZIS, K. et RIBEILL, G. (2005). L'espace des carrières des ingénieurs de l'équipement dans le public et le privé (1800-2000). *Revue française d'administration publique*, vol.4, n°116, pp. 651–670.
- CHEVALIER, L. (1956). La statistique et la description sociale de Paris. *Population*, vol.4, pp. 621–652.
- CHEVASSON, G. (2007). *Le calcul économique à l'épreuve des contraintes du secteur des transports routiers*. Thèse de doctorat, Université Lumière-Lyon 2, Lyon.
- CHOAY, F. (1965). *L'urbanisme, utopies et réalités. Une anthologie*. Editions du Seuil, Paris.
- CLARKE, M., DIX, M. et JONES, P. (1981). Error and uncertainty in travel surveys. *Transportation*, vol.10, n°2, pp. 105–126.
- CLAVAL, P. (1980). *Les mythes fondateurs des sciences sociales*. Presses universitaires de France, Paris.

- CNAT (1964). *Le temps de mieux vivre*. CNAT, Paris.
- COHEN, E. (2004). Expliquer Paris à la télévision : Pierre Sudreau et les problèmes de la construction. *Sociétés et Représentations*, vol.17, n°1, pp. 117–127.
- COMMENGES, H. (2013a). Du tout-voiture au zéro-voiture : une entrée par les dispositifs techniques. Entretiens avec Pierre Merlin, Olivier Paul-Dubois-Taine et Jean-Gérard Koenig. *Flux*, vol.92, n°2, pp. 75–88.
- COMMENGES, H. (2013b). Socio-économie des transports : une lecture conjointe des instruments et des concepts. *Cybergeo : European Journal of Geography*, vol.Article 633, pp. 1–20.
- COMMENGES, H. et MENDIZÁBAL RIERA, E. (2011). Définir l'intermédialité par la système des mobilité spatiales. In GIROUD, M., MAINET, H. et EDOUARD, J.-C. (dir.) : *Les mobilités spatiales dans les villes intermédiaires*. Presses Universitaires Blaise Pascal, Clermont-Ferrand.
- COOLS, M., MOONS, E. et WETS, G. (2010). Assessing the quality of origin-destination matrices derived from activity travel surveys. *Transportation Research Record*, vol.2183, pp. 49–59.
- COUCLELIS, H. (2004). Pizza over the internet : e-commerce, the fragmentation of activity and the tyranny of the region. *Entrepreneurship & Regional Development*, vol.16, pp. 41–54.
- COUET, C. (2006). L'échantillon démographique permanent de l'insee. *Courrier des Statistiques*, vol.117-119, pp. 5–14.
- COUREL, J. (2008). 170 millions de kilomètres par jour. Les distances parcourues par les Franciliens quotidiennement. IAU-IdF, Paris.
- COUREL, J., MÉYÈRE, A. et NGUYEN-LUONG, D. (2005a). L'impact des modes de vie sur les déplacements. DREIF - Les cahiers de l'EGT.
- COUREL, J., MÉYÈRE, A. et NGUYEN-LUONG, D. (2005b). Répartition géographique des déplacements : une nouvelle approche. DREIF - Les cahiers de l'EGT.
- COURGEAU, D. (1988). *Méthodes de mesure de la mobilité spatiale : migrations internes, mobilité temporaire, navettes*. INED, Paris.
- COURGEAU, D. (1989). *Analyse démographique des biographies*. INED, Paris.
- COUTARD, O. (1997). L'organisation industrielle des systèmes électriques sur la longue durée : régularités et variations. In GARIÉPY, M. et MARIÉ, M. (dir.) : *Ces réseaux qui nous gouvernent*. L'Harmattan, Paris.

- COUTARD, O. (dir.) (1999). *The governance of large technical systems*. Routledge, London.
- COUTARD, O. (2001). Imaginaire et réseaux techniques : les apports de l'histoire de l'électrification rurale en France et aux Etats-Unis. *Réseaux*, vol.19, n°109, pp. 75–94.
- COUTRAS, J. (1987). *Des villes traditionnelles aux nouvelles banlieues : l'espace public au féminin*. SEDES, Paris.
- COUTRAS, J. (1993). La mobilité des femmes au quotidien. *Les Annales de la Recherche Urbaine*, vol.59-60.
- COUTRAS, J. (1997). La mobilité quotidienne et les inégalités de sexe à travers le prisme des statistiques. *Recherches féministes*, vol.10, n°2, pp. 77–90.
- COUTRAS, J. et FAGNANI, J. (1979). Rapports conjugaux et mobilité des femmes employées dans l'agglomération parisienne. Société de Mathématiques Appliquées et de Sciences Humaines, Paris.
- CREDOC (1962). *Incidence de l'aménagement des horaires de travail sur la charge des transports en région parisienne*. CREDOC, Paris.
- CREDOC, S. (1967). Etude de la demande de transport sur l'axe Paris-Rouen-Le Havre. Caractéristiques des voyageurs et des non-voyageurs. Attitudes et voyages. CREDOC, SETEC, Paris.
- CROWE, P. (1938). On progress in geography. *Scottish Geographical Magazine*, vol.54, pp. 1–19.
- CROZET, Y. (2004). Calcul économique et démocratie : des certitudes technocratiques au tâtonnement politique. *Cahiers d'économie politique*, vol.2, n°47, pp. 155–172.
- CROZET, Y. (2005a). Plaidoyer pour une approche centrée sur la notion d'accessibilité. In SYNDICAT MIXTE SCHÉMA DIRECTEUR DE LA RÉGION GRENOBLOISE (dir.) : *Pour un "chrono-aménagement" du territoire : vers des autoroutes apaisées*.
- CROZET, Y. (2005b). Le temps et les transports de voyageurs. *ECMT / CEMT, Table Ronde n° 127*.
- CSARDI, G. et NEPUZS, T. (2006). The igraph software package for complex network research. *InterJournal*, vol.Complex Systems, p. 1695.
- CURIEN, N. (1993). "réseau" : du mot au concept. *Flux*, vol.9, n°13-14, pp. 52–55.
- DANCOISNE, P. (1984). *Théorie des graphes et constitution du réseau ferré français*. Thèse de doctorat, Université Paris I, Paris.

- DAVEZIES, L. (2008). *La République et ses territoires. La circulation invisible des richesses*. Seuil, Paris.
- de la région de PARIS, D. (1966). Schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme de la région de Paris. IAURIF, Paris.
- DE LEEUW, J. et MEIJER, E. (2008). Introduction to multilevel analysis. In DE LEEUW, J. et MEIJER, E. (dir.) : *Handbook of multilevel analysis*. Springer, New York.
- de l'Équipement de la RÉGION PARISIENNE, S. R. (1970a). 21 000 ménages interrogés. SRERP, Maisons-Alfort.
- de l'Équipement de la RÉGION PARISIENNE, S. R. (1970b). Comment prévoir le trafic ? SRERP, Maisons-Alfort.
- de l'Équipement de la RÉGION PARISIENNE, S. R. (1970c). L'étude globale de transport de la région parisienne. SRERP, Maisons-Alfort.
- de l'Équipement de la RÉGION PARISIENNE, S. R. (1971). 12 millions de déplacements quotidiens. SRERP, Maisons-Alfort.
- DE PALMA, A., NESTEROV, Y. et BEN-AKIVA, M. (1999). QUATUOR : Outils dynamiques de simulation pour la gestion des déplacements dans la région parisienne. DRAST / PREDIT.
- DE PUTOIS, B. (1992). Un point de vue sur la terre. In BESSON, J. (dir.) : *La cité des chiffres ou l'illusion des statistiques*. Editions Autrement, Paris.
- DEBIZET, G. (2004). *Déplacements urbains de personnes : de la planification des transports à la gestion durable de la mobilité. Mutations d'une expertise*. Thèse de doctorat, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Paris.
- DEBORD, G. (1959). Positions situationnistes sur la circulation. *L'Internationale Situationniste*, vol.3.
- DEBRIE, J. (2007). Géohistoire d'un tracé technique : frontières et réseaux en afrique de l'ouest continentale "francophone". *Flux*, vol.70, n°4, pp. 49–58.
- DELAGE, M. (2012). *Mobilités pour achats et centralités métropolitaines. Le cas de la métropole parisienne*. Thèse de doctorat, Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Paris.
- DEPARTAMENT DE POLÍTICA TERRITORIAL I OBRES PÚBLIQUES AND AUTORITAT DEL TRANSPORT METROPOLITÀ (2007). Enquesta de mobilitat quotidiana de Catalunya 2006. La mobilitat quotidiana. Barcelona.
- DESCAMPS, F. (2011). *L'historien, l'archiviste et le magnétophone*. Institut de la gestion publique et du développement économique, Paris.

- DESCAMPS, F., WEBER, F. et MÜLLER, B. (2006). Archives orales et entretiens ethnographiques. *Genèses*, vol.62, pp. 93–109.
- DESJARDINS, X. (2010). La bataille du grand paris. *L'information géographique*, vol.74, n°4, pp. 29–46.
- DESROSIÈRES, A. (1986). La portée sociologique des diverses phases du travail statistique. In BESSON, J. et COMTE, M. (dir.) : *Des mesures*. Presses universitaires de Lyon, Lyon.
- DESROSIÈRES, A. (1989). Comment faire des choses qui tiennent : histoire sociale et statistique. *Histoire & mesure*, vol.4, n°3-4, pp. 225–242.
- DESROSIÈRES, A. (1992). Séries longues et conventions d'équivalence. *Genèses*, vol.9, pp. 92–97.
- DESROSIÈRES, A. (1993). *La politique des grands nombres : histoire de la raison statistique*. La Découverte, Paris.
- DESROSIÈRES, A. (1995). D'une école de statistique et d'économie à l'ensae et l'ensai : 1942-1996. *Courrier des statistiques*, vol.75-76.
- DESROSIÈRES, A. (1997). A quoi sert une enquête : biais, sens et traduction. *Genèses*, vol.29, pp. 120–122.
- DESROSIÈRES, A. (2001). Entre réalisme métrologique et conventions d'équivalence : les ambiguïtés de la sociologie quantitative. *Genèses*, vol.2.
- DESROSIÈRES, A. (2003a). Bourdieu et les statisticiens : une rencontre improbable et ses deux héritages. In ENCREVÉ, P. et LAGRAVE, R.-M. (dir.) : *Travailler avec Bourdieu*. Flammarion, Paris.
- DESROSIÈRES, A. (2003b). Historiciser l'action publique : l'état, le marché et les statistiques. In LABORIER, P. et TROM, D. (dir.) : *Historicités de l'action publique*. Presses universitaires de France, Paris.
- DESROSIÈRES, A. (2012). Est-il bon, est-il méchant ? le rôle du nombre dans le gouvernement de la cité néolibérale. *Nouvelles Perspectives en Sciences Sociales*, vol.7, n°2, pp. 261–295.
- DESROSIÈRES, A. et THÉVENOT, L. (1979). Les mots et les chiffres : les nomenclatures socio-professionnelles. *Economie et statistique*, vol.110, n°1, pp. 49–65.
- DIDIER, E. (2009). *En quoi consiste l'Amérique ? Les statistiques, le New deal et la démocratie*. La Découverte, Paris.
- DION, E. (1996). L'application de la théorie de l'information au questionnaire. *Revue française du marketing*, vol.156, n°1, pp. 49–64.

- DION, E. (1998). Le nombre optimal de modalités de réponse à proposer pour les questions fermées d'un questionnaire d'enquête. *Revue française du marketing*, vol.170, n°5, pp. 33–45.
- DKS ASSOCIATES (1994). Travel model development and refinement. Trip generation. Puget Sound Regional Council, Seattle.
- DODD, S. C. (1950). The interactance hypothesis : a gravity model fitting physical masses and human groups. *American Sociological Review*, vol.15, n°2, pp. 245–256.
- DOLL, R. (2001a). Cohort studies : History of the method I. Prospective cohort studies. *Sozial- und Präventivmedizin*, vol.46, n°2, pp. 75–86.
- DOLL, R. (2001b). Cohort studies : History of the method II. Retrospective cohort studies. *Sozial- und Präventivmedizin*, vol.46, n°2, pp. 87–98.
- DOWNS, A. (1962). The law of peak-hour expressway congestion. *Traffic Quarterly*, vol.16, pp. 393–409.
- DREYFOUS-DUCAS, D. (1959). Question 2631. *In Assemblée Nationale, 2e Séance du 18 novembre 1959*.
- DREYFUS, J. (1971). Quelques écueils de la rationalisation. Journées “Rationalisation des choix et urbanisme” - 6, 7, 8 octobre, Aix-en-Provence.
- DREYFUS, J. (2005). Le profil des déplacements journaliers en transports en commun et voiture particulière. DREIF - Les cahiers de l'EGT.
- DUNCAN, G. J., JUSTER, T. et MORGAN, J. N. (1987). The role of panel studies in research on economic behavior. *Transportation Research Part A*, vol.21, n°4-5, pp. 249–263.
- DUPUIT, J. (1844). De la mesure de l'utilité des travaux publics. *Revue française d'économie*, vol.10, n°2, pp. 55–94.
- DUPUY, G. (1975). *Une technique de planification au service de l'automobile. Les modèles de trafic urbain*. Ministère de l'équipement, Paris.
- DUPUY, G. (1987). Les réseaux techniques sont-ils des réseaux ? *L'Espace géographique*, vol.16, n°3, pp. 175–184.
- DUPUY, G. (dir.) (1988). *Paradigmes*, Caen.
- DUPUY, G. (1991). *L'urbanisme des réseaux, théories et méthodes*. Armand Colin, Paris.
- DUPUY, G. (1995). *Les territoires de l'automobile*. Anthropos, Paris.
- DUPUY, G. (1998). *El urbanismo de las redes*. Oikos-Tau, Barcelona.

- DUPUY, G. (1999a). *La dépendance automobile*. Anthropos, Paris.
- DUPUY, G. (1999b). From the “magic circle” to “automobile dependence” : measurements and political implications. *Transport Policy*, vol.6, n°1, pp. 1–17.
- DURAND-DASTÈS, F. (2001). Les concepts de la modélisation en analyse spatiale. In SANDERS, L. (dir.) : *Modèles en analyse spatiale*. Lavoisier, Paris.
- ELLEGÄRD, K. et VILHELMSON, B. (2004). Home as a pocket of local order : everyday activities and the friction of distance. *Geografiska Annaler. Series B, Human Geography*, vol.86, n°4, pp. 281–296.
- ELZINGA, C. H. (2007). Sequence analysis : metric representations of categorical time series. Vrije Universiteit Amsterdam.
- ENAU, C. (2009). Processus de décision et espace d’activités/déplacements. une approche articulant routine cognitive et adaptation événementielle. *Cybergeo : European Journal of Geography*, vol.453, pp. 1–13.
- ENGEL-FRISCH, G. (1943). Some neglected temporal aspects of human ecology. *Social Forces*, vol.22, n°1, pp. 43–47.
- FACQ, B. (2006). *Les fondements statistiques de la science française des déplacements urbains*. Thèse de doctorat, Institut d’Etudes Politiques de Lyon, Lyon.
- FERGUSON, E. (1997). The rise and fall of the american carpool : 1970–1990. *Transportation*, vol.24, n°4, pp. 349–376.
- FEYLER, F. (2007). De la compatibilité à l’interopérabilité en matière de repérage d’information pertinente. *Sciences de l’information*, vol.44, pp. 84–92.
- FICHELET, R. (1977). Les déplacements et leur régulation. SERES, Paris.
- FICHELET, R., FICHELET, M. et MAY, N. (1970). *Pour une approche écologique de l’utilisation des moyens de transport*. SERES, Paris.
- FLAMM, M. (2005). A qualitative perspective on travel time experience. In *5th Swiss Transport Research Conference*, Monte Verità, Ascona.
- FLAUS, L. (1953). Lieux de travail et zones d’habitation dans le département de la seine. *Journal de la Société de Statistique de Paris*, vol.4-5-6, pp. 98–124.
- FOGEL, R. W. (dir.) (1964). *Railroads and American economic growth : essays in economic history*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- FOLEY, D. L. (1952). The daily movement of population into central business districts. *American Sociological Review*, vol.17, n°5, pp. 538–543.

- FOLEY, D. L. (1954). Urban daytime population : a field for demographic-ecological analysis. *Social Forces*, vol.32, n°4, pp. 323–330.
- FOLEY, D. L. et BREESE, G. (1951). The standardization of data showing daily population movement into central business districts. *Land Economics*, vol.27, n°4, pp. 348–353.
- FOUCAULT, M. (1971). *L'ordre du discours*. Gallimard, Paris.
- FOURASTIÉ, J. et COURTHÉOUX, J.-P. (1963). *La planification économique en France*. Presses universitaires de France, Paris.
- FRANCIS, B. et FULLER, M. (1996). Visualisation of event histories. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, vol.159, n°2, pp. 301–108.
- FRANCIS, B. et PRITCHARD, J. (2000). Bertin, Lexis and the graphical representation of event histories. *Cybergeo : European Journal of Geography*, vol.152.
- FUJII, S., GÄRLING, T. et KITAMURA, R. (2001). Changes in drivers' perceptions and use of public transport during a freeway closure : effects of temporary structural change on cooperation in a real-life social dilemma. *Environment and Behavior*, vol.33, pp. 796–808.
- FUJII, S. et KITAMURA, R. (2003). What does a one-month free bus ticket do to habitual drivers ? An experimental analysis of habit and attitude change. *Transportation*, vol.30, n°1, pp. 81–95.
- GABADINHO, A., RITSCHARD, G. et MUELLER, N. S. (2011). Extracting and rendering representative sequences. In FRED, A., DIETZ, J. L. G., LIU, K. et FILIPE, J. (dir.) : *Knowledge discovery, knowledge engineering and knowledge management*. Springer-Verlag.
- GABADINHO, A., RITSCHARD, G., STUDER, M. et MUELLER, N. S. (2009). Mining sequence data in R with the TraMineR package. A user's guide. Department of Econometrics and Laboratory of Demography - University of Geneva, Geneva.
- GALLEZ, C. et ORFEUIL, J. (1998). Dis-moi où tu habites, je te dirai comment tu te déplaces. In PUMAIN, D. et MATTÉI, M.-F. (dir.) : *Données urbaines*, volume 2. Anthropos, Paris.
- GARDON, S. (2009). *Gouverner la circulation urbaine : des villes françaises face à l'automobile*. Thèse de doctorat, Lumière - Lyon II, Lyon.
- GARDON, S., PASSALACQUA, A. et SCHIPPER, F. (2009). Pour une histoire des circulations sur la circulation. *Métropoles*, vol.6.
- GARRISON, W. et MARBLE, D. (1961). The structure of transportation networks. Transportation Center at Northwestern University, Chicago.

- GARRISON, W. L. (1990). Networks : reminiscence and lessons. *Flux*, vol.1, pp. 5–12.
- GENRE-GRANDPIERRE, C. et BANOS, A. (2011). New types of metrics for urban road networks explored with S3 : an agent-based simulation platform. In BAI, Q. et FUKUTA, N. (dir.) : *Advances in Practical Multi-Agent Systems*. Springer, Berlin.
- GEORGE, P. (1968). Chemins de fer et développement urbain. In DRESCH, J. (dir.) : *Hydrologie : mélanges offerts par ses amis et disciples à Maurice Pardé*. Editions Ophrys, Gap.
- GLEYZE, J.-F. (2005). *La vulnérabilité structurelle des réseaux de transport dans un contexte de risques*. Thèse de doctorat, Université Paris Diderot-Paris 7, Paris.
- GODINOT, A. (2005). Pour comprendre le recensement de la population. *INSEE Méthodes*, vol.Hors série.
- GOFFMAN, E. (1971). *Relations in public : microstudies of the public order*. Basic Books, New York.
- GOLDBERG, S. (1964). Les études globales de transport. cours de recyclage consacré à l'étude de la circulation urbaine. SERC.
- GOLOB, T., KITAMURA, R. et LONG, L. (1997). *Panels for transportation planning*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- GOODCHILD, M. J. et JANELLE, D. G. (1984). The city around the clock : space-time patterns of urban ecological structure. *Environment and Planning A*, vol.16, pp. 807–820.
- GOODWIN, P. (1997a). Solving congestion. Inaugural lecture for the professorship of transport policy. University College of London.
- GOODWIN, P. B. (1974). Generalised time and the problem of equity in transport studies. *Transportation*, vol.3, n°1, pp. 1–23.
- GOODWIN, P. B. (1978). On grey's critique of generalised cost. *Transportation*, vol.7, n°3, pp. 281–295.
- GOODWIN, P. B. (1996). Empirical evidence on induced traffic. A review and synthesis. *Transportation*, vol.23, pp. 35–54.
- GOODWIN, P. B. (1997b). Have panel surveys told us anything new? In GOLOB, T., KITAMURA, R. et LONG, L. (dir.) : *Panels for transportation planning*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- GRAHAM, S. (1998). The end of geography ? conceptualizing space, place and information technology. *Progress in Human Geography*, vol.22, n°2, pp. 165–185.

- GRAHAM, S. et HEALEY, P. (1999). Relational concepts of space and place : issues for planning theory and practice. *European Planning Studies*, vol.7, n°5, pp. 623–646.
- GRAHAM, S. et MARVIN, S. (1997). *Telecommunications and the city : electronic spaces, urban places*. Routledge, London.
- GRAND LYON et CERTU (2005). La mobilité quotidienne des femmes.
- GRAVIER, J. (1947). *Paris et le désert français : décentralisation, équipement, population*. Le Portulan, Paris.
- GREY, A. (1978a). The generalised cost dilemma. *Transportation*, vol.7, n°3, pp. 261–280.
- GREY, A. (1978b). Has generalised cost any benefit? *Transportation*, vol.7, n°4, pp. 417–422.
- GUBRIUM, J. F. et HOLSTEIN, J. A. (dir.) (2002). *Handbook of interview research : context and method*. Sage, Thousand Oaks.
- GUEZ, A. (2002). La chronocartographie dans le développement d'un urbanisme des temps et de la mobilité. In BOULIN, J.-Y., DOMMERGUE, P. et GODARD, F. (dir.) : *La nouvelle aire du temps*. Editions de l'Aube, La Tour d'Aigues.
- GÄRLING, T. et AXHAUSEN, K. W. (2003). Introduction : habitual travel choice. *Transportation*, vol.30, n°1, pp. 1–11.
- HACKING, I. (1991). How should we do the history of statistics? In BURCHELL, G., GORDON, C. et MILLER, P. (dir.) : *The Foucault effect. Studies in governmentality*. The University of Chicago Press, Chicago.
- HACKING, I. (1999). *The social construction of what?* Harvard University Press, Cambridge.
- HACKING, I. (2001). *Entre science et réalité. La construction sociale de quoi?* La Découverte, Paris.
- HACKING, I. (2005). Façonner les gens. *Cours au Collège de France, 2001-2002 et 2004-2005*.
- HAGGETT, P., CLIFF, A. D. et FREY, A. (1977). *Locational analysis in human geography : locational models*, volume 1. Edward Arnold, London.
- HANSEN, W. G. (1959). How accessibility shapes land use. *Journal of the American Institute of Planners*, vol.25, n°2, pp. 73–76.
- HANSON, S. (1980). Spatial diversification and multipurpose travel : Implications for choice theory. *Geographical Analysis*, vol.12, n°3, pp. 245–257.

- HANSON, S. et HUFF, O. (1988). Systematic variability in repetitious travel. *Transportation*, vol.15, n°1-2, pp. 111–135.
- HANSON, S. et JOHNSTON, I. (1985). Gender differences in work-trip length : explanations and implications. *Urban Geography*, vol.6, n°3, pp. 193–219.
- HANSON, S. et PRATT, G. (1988). Spatial dimensions of the gender division of labor in a local labor market. *Urban Geography*, vol.9, n°2, pp. 180–202.
- HAUMONT, A., LAMBERTI, A., VIET-DEPAULE, N. et WINTERSDORFF, F. (1977). *La mobilité des citadins. Mobilité et modes de vie*. Institut de Sociologie Urbaine, Paris.
- HAUMONT, A., LAMBERTI, A., VIET-DEPAULE, N. et WINTERSDORFF, F. (1978). *La mobilité des citadins. Mobilité et espaces urbains*. Institut de Sociologie Urbaine, Paris.
- HAYASHI, Y. et MORISUGI, H. (2000). International comparison of background concept and methodology of transportation project appraisal. *Transport Policy*, vol.7, n°1, pp. 73–88.
- HENSHER, D. A. et STOPHER, P. R. (1979). *Behavioural travel modelling*. Croom Helm, London.
- HILLS, P. J. (1996). What is induced traffic ? *Transportation*, vol.23, n°1, pp. 5–16.
- HOTTOIS, G. (1984). *Le signe et la technique : la philosophie à l'épreuve de la technique*. Aubier, Paris.
- HOX, J. J. (2002). *Multilevel analysis. Techniques and applications*. Routledge, New York.
- HU, Y. et ZHU, D. (2009). Empirical analysis of the worldwide maritime transportation network. *Physica A*, vol.388, pp. 2061–2071.
- HUBERT, J.-P., ARMOOGUM, J., AXHAUSEN, K. W. et MADRE, J.-L. (2008). Immobility and mobility seen through trip-based versus time-use surveys. *Transport Reviews*, vol.28, n°5, pp. 641–658.
- HUFF, J. O. et HANSON, S. (1986a). Classification issues in the analysis of complex travel behavior. *Transportation*, vol.13, pp. 271–293.
- HUFF, J. O. et HANSON, S. (1986b). Repetition and variability in urban travel. *Geographical Analysis*, vol.18, n°2, pp. 97–114.
- HUREZ, C. (2010). Les pulsations urbaines. localisation spatiale et temporelle des personnes et des voitures à partir des enquêtes ménages déplacements. *Mappemonde*, vol.99, n°3.
- HÄGERSTRAND, T. (1970). What about people in regional science ? *Papers of the Regional Science Association*, vol.24, pp. 1–12.

- HÄGERSTRAND, T. (1978). Survival and arena. In CARLSTEIN, T., PARKES, D. et THRIFT, N. (dir.) : *Human activity and time-geography*. Wiley and Sons, New York.
- HÄGERSTRAND, T. (1989). Reflections on “what about people in regional science?”. *Papers in Regional Science*, vol.66, n°1, pp. 1–6.
- HÉRAN, F. (2012). Vélo et politique globale de déplacements durables. PREDIT.
- HÉRAN, F. et RAVALET, E. (2008). La consommation d’espace-temps des divers modes de déplacement en milieu urbain. PREDIT.
- IAURIF (1992). Orbitale : un métro pour la banlieue. vol.102.
- IAURP (1964). *Modèles de trafic : analyse bibliographique*. IAURP.
- IAURP (1966). *Cahiers de l’IAURP*, volume 4-5. IAURP, Paris.
- IHL, O., KALUSZYNSKI, M. et POLLET, G. (2003). *Les sciences de gouvernement*. Economica, Paris.
- IKLÉ, F. C. (1954). Sociological relationships of traffic to population and distance. *Traffic Quarterly*, vol.8, n°2, pp. 124–136.
- ISU (1972). *Aspects sociologiques du transport*. ISU, Paris.
- JANELLE, D. G., KLINKENBERG, B. et GOODCHILD, M. J. (1997). The temporal ordering of urban space and daily activity patterns for population role groups. *Geographical Systems*, vol.5, pp. 117–137.
- JOH, C.-H., ARENTZE, T., HOFMAN, F. et TIMMERMANS, H. (2002). Activity pattern similarity : a multidimensional sequence alignment method. *Transportation Research Part B : Methodological*, vol.36, n°5, pp. 385–403.
- JOLY, I. et CROZET, Y. (2004). Budgets temps de transport : les sociétés tertiaires confrontées à la gestion paradoxale du “bien le plus rare”. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, vol.45, pp. 27–48.
- JOSEPH, I. (dir.) (1984). *Le passant considérable : essai sur la dispersion de l’espace public*. Librairie des Méridiens, Paris.
- JOSEPH, I. (dir.) (1989). *Le parler frais d’Erving Goffman*. Editions de Minuit, Paris.
- JOSEPH, I. (1998). *La ville sans qualités*. Editions de l’Aube, La Tour d’Aigues.
- JOSEPH, I. et GRAFMEYER, Y. (2004). *L’école de Chicago : naissance de l’écologie urbaine*. Flammarion, Paris.
- JUAN, S. (1997). *Les sentiers du quotidien : Rigidité, fluidité des espaces sociaux et trajets routiniers en ville*. L’Harmattan, Paris.

- JULIEN, A. (2000). Aménagement cyclable et espace urbain. comparaison des principaux manuels d'aménagements cyclables. Association METROPOLIS, Rapport pour le PREDIT.
- KAIN, J. F. (1968). Housing segregation, negro employment, and metropolitan decentralization. *The Quarterly Journal of Economics*, vol.82, n°2, pp. 175–197.
- KAIN, J. F. (2004). A pioneer's perspective on the spatial mismatch literature. *Urban Studies*, vol.41, n°1, pp. 7–32.
- KANSKY, K. J. (1963). Structure of transportation networks : relationships between network geometry and regional characteristics. University of Chicago, Chicago.
- KAUFMANN, J.-C. (2011). *L'enquête et ses méthodes : l'entretien compréhensif*. Armand Colin, Paris.
- KAUFMANN, V. (1998). *Sociologie de la mobilité urbaine : la question du report modal*. Thèse de doctorat, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- KAUFMANN, V. (2002). *Re-thinking mobility*. Ashgate, Aldershot.
- KAUFMANN, V. (2008). *Les paradoxes de la mobilité*. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.
- KAUFMANN, V., TABAKA, K., LOUVET, N. et GUIDEZ, J.-M. (2010). Et si les Français n'avaient plus seulement une voiture dans la tête ? Evolution de l'image des modes de transport. CERTU, Lyon.
- KAUFMANN, V. et WIDMER, E. (2005). L'acquisition de la motilité au sein des familles. état de la question et hypothèses de recherche. *Espaces et sociétés*, vol.1-2, n°120-121, pp. 199–217.
- KITAMURA, R., NAKAYAMA, S. et YAMAMOTO, T. (1999). Self-reinforcing motorization : can travel demand management take us out of the social trap ? *Transport Policy*, vol.6, n°3, pp. 135–145.
- KOENIG, J.-G. (1974a). La théorie de l'accessibilité urbaine, un nouvel outil au service de l'aménageur. *Revue Générale des Routes et des Aérodrômes*, vol.499, pp. 67–78.
- KOENIG, J.-G. (1974b). Théorie économique de l'accessibilité urbaine. *Revue économique*, vol.25, n°2, pp. 275–297.
- KOENIG, J.-G. (1997). Mobilité urbaine, enjeux économiques et environnementaux. Cours à l'Ecole Nationale d'Administration, Archives personnelles de J.-G. Koenig.

- KOPPELMAN, F. S. et PAS, E. I. (1984). Estimation of disaggregate regression models of person trip generation with multiday data. In VOLMULLER, J. et HAMERSLAG, R. (dir.) : *Proceedings of the ninth international symposium of transportation and traffic theory*. VNU Science Press, Utrecht.
- KOPPELMAN, F. S. et PAS, E. I. (1985). Travel-activity behavior in time and space : methods for representation and analysis. In NIJKAMP, P., LEITNER, H. et WRIGLEY, N. (dir.) : *Measuring the unmeasurable*. Martinus Nijhoff, Dordrecht.
- KUHN, T. S. (1961). The function of measurement in modern physical science. *Isis*, vol.52, n°2, pp. 161–193.
- KUHN, T. S. (1983). *La structure des révolutions scientifiques*. Flammarion, Paris.
- KWAN, M. P. (2000). Interactive geovisualization of activity-travel patterns using three-dimensional geographical information systems. *Transportation Research C*, vol.8, pp. 185–203.
- KÖKSALAN, M., WALLENIS, J. et ZIONTS, S. (2011). *Multiple criteria decision making. From early history to the 21st century*. World Scientific, Singapore.
- LANNOY, P. (2003). L’automobile comme objet de recherche, chicago, 1915-1940. *Revue française de sociologie*, vol.44, n°3, pp. 497–529.
- LARROQUE, D., MARGAIRAZ, M. et ZEMBRI, P. (dir.) (2002). Ed. Recherches, Paris.
- LASCOUMES, P. et LE GALÈS, P. (2004). *Gouverner par les instruments*. Presses de Sciences Po, Paris.
- LASSAVE, P. (1987). L’expérience des plans de déplacements urbains. CETUR, Bagneux.
- LASSAVE, P. (1997). *Les sociologues et la recherche urbaine dans la France contemporaine*. Presses Universitaires du Mirail, Toulouse.
- LATORA, V. et MARCHIORI, M. (2002). Is the Boston subway a small-world network? *Physica A : Statistical Mechanics and its Applications*, vol.314, n°1-4, pp. 109–113.
- LATOUR, B. (1991). *Nous n’avons jamais été modernes : essai d’anthropologie symétrique*. La Découverte, Paris.
- LATOUR, B. (2006). *Changer de société, refaire de la sociologie*. La Découverte, Paris.
- LATOUR, B. et WOOLGAR, S. (1979). *Laboratory life : the social construction of scientific facts*. SAGE Publications, Beverly Hills.
- LAZARSFELD, P. F. et FISKE, M. (1938). The panel as a new tool for measuring opinion. *Public Opinion Quarterly*, vol.2, pp. 596–612.

- LAZARSFELD, P. F. et MENZEL, H. (1961). On the relation between individual and collective properties. In ETZIONI, A. et LEHMAN, E. W. (dir.) : *Complex organizations : a sociological reader*. Holt, Rinehart and Winston, New York.
- LE CORBUSIER (1941). *Sur les 4 routes*. Gallimard, Paris.
- LE CORBUSIER (1957). *La Charte d'Athènes*. Editions de Minuit, Paris.
- LEE, D. B., KLEIN, L. A. et CAMUS, G. (1999). Induced traffic and induced demand. *Transportation Research Record*, vol.1659, n°1, pp. 68–75.
- LEE, K., JUNG, W.-S., PARK, J. S. et CHOI, M. Y. (2008). Statistical analysis of the Metropolitan Seoul Subway System : network structure and passenger flows. *Physica A : Statistical Mechanics and its Applications*, vol.387, n°24, pp. 6231–6234.
- LEMONNIER, P. (1983). L'étude des systèmes techniques. *Techniques et culture*, vol.1, pp. 11–26.
- LENNTORP, B. (1978). A time-geographic simulation model of individual activity programmes. In CARLSTEIN, T., PARKES, D. et THRIFT, N. (dir.) : *Human activity and time-geography*. Wiley and Sons, New York.
- LENNTORP, B. (2004). Path, prism, project, pocket and population : an introduction. *Geografiska Annaler. Series B, Human Geography*, vol.86, n°4, pp. 223–226.
- LEROI-GOURHAN, A. (1964). *Le geste et la parole. La mémoire et les rythmes*, volume 2. Albin Michel, Paris.
- LEURENT, F. (1996). Portée et limites des modèles de trafic. INRETS.
- LITMAN, T. (2012). Transportation cost and benefit analysis - Travel time costs. Victoria Transport Policy Institute.
- LIVET, P., MULLER, J.-P., PHAN, D. et SANDERS, L. (2010). Ontology, a mediator for agent-based modeling in social science. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol.13, n°1, p. 3.
- LOUVET, N. (2005). *Les conditions d'une concertation productive dans l'action publique locale : le cas des plans de déplacements urbains*. Thèse de doctorat, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Marne-la-Vallée.
- LUMLEY, T. (2004). Analysis of complex survey samples. *Journal of Statistical Software*, vol.9, n°1, pp. 1–19.
- LYONS, G., JAIN, J. et HOLLEY, D. (2007). The use of travel time by rail passengers in great britain. *Transportation Research Part A*, vol.41, n°1, pp. 107–120.

- LYONS, G. et URRY, J. (2005). Travel time use in the information age. *Transportation Research Part A : Policy and Practice*, vol.39, n°2-3, pp. 257–276.
- MADRE, J.-L., AXHAUSEN, K. W. et BRÖG, W. (2007). Immobility in travel diary surveys. *Transportation*, vol.34, n°1, pp. 107–128.
- MAGRINYÀ, F. (1996). Les propositions urbanistiques de cerdà pour barcelone. *Flux*, vol.23, pp. 5–20.
- MAQUET, H. (1963). *L'aménagement des horaires de travail dans le cadre de la journée*. CNAT, Paris.
- MARCHAND, L. (1984). Un concept fécond, la consommation d'espace-temps. *Cahiers scientifiques de la revue des transports*, vol.10, pp. 55–63.
- MARCHAND, O. et THÉLOT, C. (1992). Pour une statistique historique. *Genèses*, vol.9, pp. 98–101.
- MARSHALL, S. (dir.) (2005). *Streets and patterns*. Spon Press, New York.
- MARTENS, K. (2006). Grounding transport planning on principles of social justice. *Berkeley Planning Journal*, vol.19, pp. 1–17.
- MARTENS, K. (2008). Justice in transport : applying Walzer's "spheres of justice" to the transport sector. *In 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington DC.
- MARTENS, K. et HURVITZ, E. (2011). Distributive impacts of demand-based modeling. *Transportmetrica*, vol.7, n°3, pp. 181–200.
- MARTIN, J.-P. (1988). L'analyse des réseaux en géographie : études de cas. *In DUPUY, G. (dir.) : Réseaux territoriaux*. Paradigmes, Caen.
- MARTINI, E. (2005). Comment Lind n'a pas découvert le scorbut. *Histoire des Sciences Médicales*, vol.39, n°1, pp. 79–92.
- MASSARDIER, G. (1996). *L'expertise et l'aménagement du territoire. L'Etat savant*. L'Harmattan, Paris.
- MASSÉ, P. (1962). *Histoire, méthode et doctrine de la planification française*. La Documentation Française.
- MASSÉ, P. (1964). *Le choix des investissements : critères et méthodes*.
- MASSÉ, P. (1965). *Le plan ou l'anti-hasard*. Gallimard, Paris.
- MAZOYER, H. (2009). Les rôle des expériences et méthodes étrangères dans la fabrication d'une expertise locale des transports urbains collectifs. *Métropoles*, vol.6.

- MAZOYER, H. (2012). L'âge d'or des ingénieurs-économistes. une histoire du service des affaires économiques et internationales de l'Équipement. de la rationalisation des politiques de transport à la modernisation de l'administration (1960-1978).
- MCCARTY, G. M. (1969). Multiple-regression analysis of household trip generation - A critique. *Highway Research Record*, vol.297, pp. 31-43.
- McKENZIE, D. A. (1981). *Statistics in Britain, 1865-1930 : the social construction of scientific knowledge*. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- McNALLY, M. G. (2000). The four-step model. In HENSHER, D. A. et BUTTON, K. J. (dir.) : *Handbook of transport modelling*. Pergamon, Amsterdam.
- MERCADAL, G. et MATALON, B. (1966). Etude sur la valeur du temps. CREDOC.
- MERLIN, P. (1967). *Les transports parisiens : étude de géographie économique et sociale*. Masson, Paris.
- MERLIN, P. (1998). La mobilité urbaine : données et analyses. In PUMAIN, D. et MATTÉI, M.-F. (dir.) : *Données urbaines*, volume 2. Anthropos, Paris.
- MESPOULET, M. (2006). Former au calcul socialiste. *Journal électronique d'histoire des probabilités et de la statistique*, vol.2, n°2.
- METZ, D. (2008). The myth of travel time saving. *Transport Reviews*, vol.28, n°3, pp. 321-336.
- MEYER, J. (1958). L'étalement des pointes. *Arts et métiers*, pp. 41-51.
- MILLE, M. (2000). Des densités habitantes aux densités mouvantes l'exemple de la métropole lilloise. *Cybergeo : European Journal of Geography*, vol.Article 121.
- MILLER, H. J. (2005). A measurement theory for time geography. *Geographical Analysis*, vol.37, pp. 17-45.
- MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT, DU LOGEMENT, DES TRANSPORTS ET DU TOURISME et MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE ET DES FINANCES (1997). Transports urbains et calcul économique. Direction de la Prévision.
- MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS (1918). *Routes nationales. Recensement de la circulation en 1913*. Ministère des Travaux Publics, Paris.
- MOERBEEK, M., VAN BREUKELLEN, G. J. P. et BERGER, M. P. F. (2008). Optimal designs for multilevel studies. In DE LEEUW, J. et MEIJER, E. (dir.) : *Handbook of multilevel analysis*. Springer, New York.
- MOGRIDGE, M. J. H. (1997). The self-defeating nature of urban road capacity policy. *Transport Policy*, vol.4, n°1, pp. 5-23.

- MOKHTARIAN, P. et SALOMON, I. (2001). How derived is the demand for travel ? Some conceptual and measurement considerations. *Transportation Research Part A : Policy and Practice*, vol.35, n°8, pp. 695–719.
- MOKHTARIAN, P. L. (1990). A typology of relationships between telecommunications and transportation. *Transportation Research Part A*, vol.24, n°3, pp. 231–242.
- MOKHTARIAN, P. L. et CHEN, C. (2004). TTB or not TTB, that is the question : a review and analysis of the empirical litterature on travel time (and money) budgets. *Transportation Research Part A : Policy and Practice*, vol.38, n°9-10, pp. 643–675.
- MOLES, A. A. et ROHMER, E. (1978). *Psychologie de l'espace*. Casterman, Paris.
- MORET-LESPINET, I. (2006). La création du ministère du travail. *In Les questions sociales au parlement (1789-2006)*. Comité d'histoire parlementaire et politique, Paris.
- MORIN, C. et OOGHE, G. (2001). Etude d'une voie réservée aux bus et taxis sur l'A6 entre Orly et Paris. DRIEA-IdF. Journée technique Simulation dynamique des déplacements.
- MURAKAMI, E. et WATTERSON, W. T. (1992). The puget sound transportation panel after two waves. *Transportation*, vol.19, n°2, pp. 141–158.
- NAVARRÉ, D. (2010). La saga des rocades de métro au coeur de la région capitale. IAU-IdF, Paris.
- NEWMAN, P. (1996). Reducing automobile dependence. *Environment and Urbanization*, vol.8, n°1, pp. 67–92.
- NEWMAN, P. et KENWORTHY, J. R. (1989). *Cities and automobile dependence*. Gower Technical, Brookfield.
- NGUYEN-LUONG, D. (2012). Faisabilité d'une enquête globale transport intégrale par association d'un GPS, d'un SIG et d'un système expert en Île-de-France. IAU-IdF, Paris.
- NIZARD, L. (1972). De la planification française : production de normes et concertation. *Revue française de science politique*, vol.22, n°5, pp. 1111–1132.
- NOLAND, R. B. et LEM, L. L. (2002). A review of the evidence for induced travel and changes in transportation and environmental policy in the us and the uk. *Transportation Research Part D : Transport and Environment*, vol.7, n°1, pp. 1–26.
- NYCKEES, V. (1998). *La sémantique*. Belin, Paris.
- OFFNER, J. (1994). La socio-économie des transports, histoire critique. *In* DUHEM, B., GOURDON, J.-L., LASSAVE, P., OSTROWETSKY, S. et ENEL, F. (dir.) : *Villes et transports. Actes du séminaire*, volume 2. Plan Urbain, Paris.

- OFFNER, J.-M. (1987a). Les grands projets de transport : langage de l'évaluation et discours de la décision. INRETS, Arcueil.
- OFFNER, J.-M. (1987b). L'expertise locale en transports urbains des années 1970. l'ère des nouveaux technocrates. INRETS, Arcueil.
- OFFNER, J.-M. (1993a). Le développement des réseaux techniques : un modèle générique. *Flux*, vol.13-14, pp. 11-18.
- OFFNER, J.-M. (1993b). Les "effets structurants" du transport : mythe politique, mystification scientifique. *Espace géographique*, vol.22, n°3, pp. 233-242.
- OFFNER, J.-M. (2006a). L'élaboration des plans de déplacements urbains de la loi sur l'air de 1996. synthèse de la recherche op4 : Observation des processus politiques de production des plans de déplacements urbains. LATTS, Arcueil.
- OFFNER, J.-M. (2006b). *Les plans de déplacements urbains*. La documentation française, Paris.
- OFFNER, J.-M., LAURENT, B. et CHEVALIER, M. (1985). Aspects méthodologiques des études de suivi. IRT, Arcueil.
- OFFNER, J.-M., MARCHAND, B., SANDERS, L. et CHAN, P. (1982). Transports collectifs et activités commerciales locales : les effets de l'implantation d'une nouvelle station de métro sur les commerces avoisinants. I.R.T., Arcueil.
- OFFNER, J.-M. et PUMAIN, D. (dir.) (1996). *Réseaux et territoires. Significations croisées*. Editions de l'Aube, Paris.
- O'FLAHERTY, C. (dir.) (1997). *Transport planning and traffic engineering*. Arnold, London.
- ORAIN, H. (1997). Du côté des trajets. Types de mobilités quotidiennes. In JUAN, S. (dir.) : *Les sentiers du quotidien : rigidité, fluidité des espaces sociaux et trajets routiniers en ville*. L'Harmattan, Paris.
- ORAIN, O. (2003). *Le plain-pied du monde. Postures épistémologiques et pratiques d'écriture dans la géographie française au XXe siècle*. Thèse de doctorat, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Paris.
- ORFEUIL, J. (2002). La mobilité : analyses, représentations, controverses. Habilitation à diriger des recherches, Université Paris XII - Institut d'Urbanisme de Paris.
- ORFEUIL, J.-P. et SOLEYRET, D. (2002). Quelles interactions entre les marchés de la mobilité à courte et à longue distance ? *Recherche-Transports-Sécurité*, vol.76, n°2, p. 208-221.

- ORTÚZAR, J. d. D. et WILLUMSEN, L. G. (2011). *Modelling transport*. John Wiley and Sons, Chichester, 4e édition.
- OWENS, S. (1995). From “predict and provide” to “predict and prevent”? Pricing and planning in transport policy. *Transport Policy*, vol.2, n°1, pp. 43–49.
- PAASWELL, R. E. (1997). Why panels for transportation planning? In GOLOB, T., KITAMURA, R. et LONG, L. (dir.) : *Panels for transportation planning*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- PADEIRO, M. (2006). Analyse des relations infrastructures de transport / évolution du tissu urbain. Le cas du réseau métropolitain dans la zone dense de la région parisienne. LVMT, Champs-sur-Marne.
- PADEIRO, M. (2009). *Le métro hors les murs. Prolongements de lignes et évolution urbaine en banlieue parisienne*. Thèse de doctorat, Université de Paris-Est.
- PAS, E. I. (1987). Intrapersonal variability and model goodness-of-fit. *Transportation Research Part A*, vol.21, n°6, pp. 431–438.
- PAS, E. I. et KOPPELMAN, F. S. (1986). An examination of the determinants of day-to-day variability in individuals’ urban travel behavior. *Transportation*, vol.13, n°2, pp. 183–200.
- PAS, E. I. et SUNDAR, S. (1995). Intrapersonal variability in daily urban travel behavior : some additional evidence. *Transportation*, vol.22, n°2, pp. 135–150.
- PICON, A. (1992). *L’invention de l’ingénieur moderne*. Presses de l’École Nationale des Ponts et Chaussées, Paris.
- PISANI, E. (1966). Lettre d’introduction datée du 28 juin 1966. *Cahiers de l’IAURP*, vol.4-5.
- PISTRE, P. (2012). *Renouveaux des campagnes françaises : évolutions démographiques, dynamiques spatiales et recompositions sociales*. Thèse de doctorat, Université Paris Diderot - Paris 7, Paris.
- PLASSARD, F. (1982). Mobilités urbaines comparées. Laboratoire d’Économie des Transports, Lyon.
- POLLOCK, G. (2007). Holistic trajectories : a study of combined employment, housing and family careers by using multiple-sequence analysis. *Journal of the Royal Statistical Society : Series A*, vol.170, pp. 167–183.
- POULIT, J. (1973). *Approche économique de l’accessibilité*. SETRA.
- POWER, G. (1989). The advent of zoning. *Planning Perspectives*, vol.4, pp. 1–13.

- PRED, A. (1977). The choreography of existence : comments on hägerstrand's time-geography and its usefulness. *Economic Geography*, vol.53, n°2, pp. 207–221.
- PRÉDALI, F. (2005). Les pratiques de mobilité des mères en Île-de-France. *Networks and Communication Studies*, vol.19, n°3/4, pp. 211–228.
- Préfecture de la région Ile-de FRANCE, S. r. d. l. d. l. r. d.-d.-F. (1976). Schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme de la région d'Ile-de-France. IAURIF, Paris.
- PUMAIN, D. (1982). Chemin de fer et croissance urbaine en france au xixe siècle. *Annales de Géographie*, vol.91, n°507, pp. 529–550.
- PUMAIN, D. (2006). Alternative explanations of hierarchical differentiation in urban systems. In PUMAIN, D. (dir.) : *Hierarchy in natural and social sciences*. Springer, Dordrecht.
- QUINET, E. (dir.) (2013). *Évaluation socio-économique des investissements publics*. Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective, Paris.
- RAIMOND, T. et HENSHER, D. A. (1997). A review of empirical studies and applications. In GOLOB, T., KITAMURA, R. et LONG, L. (dir.) : *Panels for transportation planning*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- RAUX, C., ANDAN, O. et BONNEL, P. (1988). *Les analyses des comportements de mobilité individuelle quotidienne : une synthèse bibliographique*. Laboratoire d'Economie des Transports, Lyon.
- RAUX, C., JOLY, I., MA, T.-Y., CROZET, Y., OVTRACHT, N. et THIÉBAUT, V. (2010). La croissance des budgets-temps de transport. Laboratoire d'Economie des Transports, Lyon.
- RAVENSTEIN, E. G. (1885). The laws of migration. *Journal of the Statistical Society of London*, vol.48, n°2, pp. 167–235.
- RECKER, W. W., McNALLY, M. G. et ROOT, G. S. (1985). Travel-activity analysis : pattern recognition, classification and interpretation. *Transportation Research Part A : General*, vol.19, n°4, pp. 279–296.
- REILLY, W. J. (1931). *The law of retail gravitation*. W. J. Reilly, New York.
- RETAILLÉ, D. (2009). Malaise dans la géographie : l'espace est mobile. In VANIER, M. (dir.) : *Territoires, territorialités, territorialisation*. Presses Universitaires de Rennes, Rennes.
- RIBEILL, G. (1985). Aspects du développement du réseau ferré français sur la longue durée. *Flux*, vol.1, n°1, pp. 10–25.

- ROBIC, M.-C. (1996). Des vertus de la chaire à la tentation de l'action. In CLAVAL, P. et SANGUIN, A.-L. (dir.) : *La géographie française à l'époque classique (1918-1968)*. L'Harmattan, Paris.
- ROBINSON, W. S. (1950). Ecological correlations and the behavior of individuals. *American Sociological Review*, vol.15, n°3, pp. 351–357.
- ROQUEPLO, P. (1997). *Entre savoir et décision, l'exertise scientifique*. INRA éditions, Paris.
- ROTH, C., KANG, S. M., BATTY, M. et BARTHÉLEMY, M. (2012). A long-time limit for world subway networks. *Journal of the Royal Society Interface*, vol.9, n°75, pp. 2540–2550.
- ROUSSELOT, M. et OLLIVIER-TRIGALO, M. (2005). Comment objectiver et enrichir les choix de politiques de transports ? *Flux*, vol.62, n°4, pp. 45–53.
- ROUSSO, H. (1986). *De Monnet à Massé : enjeux politiques et objectifs économiques dans le cadre des quatre premiers Plans (1946-1965)*. Editions du CNRS, Paris.
- SALOMON, I. (1985). Telecommunications and travel : substitution or modified mobility ? *Journal of Transport Economics and Policy*, vol.19, n°3, pp. 219–235.
- SAN DIEGO'S REGIONAL PLANNING AGENCY (2000). Daytime population. the regions's population shifts dramatically from day to night. *Sandag Info*, vol.3, pp. 2–18.
- SANDERS, L. (1998). Les décisions individuelles dans les modèles dynamiques. In *Géopoint 1998 - Décision et analyse spatiale*. Groupe DUPONT, Avignon.
- SANDERS, L. (2001). Introduction : les modèles en analyse spatiale. In SANDERS, L. (dir.) : *Modèles en analyse spatiale*. Lavoisier, Paris.
- SANDERS, L. (2011). Géographie quantitative et analyse spatiale : quelles formes de scientificité ? In MARTIN, T. (dir.) : *Les sciences humaines sont-elles des sciences ?* Vuibert, Paris.
- SAVY, M. (1998). Tic et territoire : le paradoxe de localisation. *Cahiers Scientifiques du Transport*, vol.33, pp. 129–146.
- SCHLICH, R. et AXHAUSEN, K. W. (2003). Habitual travel behaviour : evidence from a six-week travel diary. *Transportation*, vol.30, n°1, pp. 13–36.
- SCHOR, P. (2001). *Compter et classer : histoire des catégories de la population dans le recensement américain, 1790-1940*. Thèse de doctorat, Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Paris.

- SCHÖNFELDER, S. et AXHAUSEN, K. W. (2000). Analysing the rhythms of travel using survival analysis. Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbanbau, Zürich.
- SEGAL, J. (1998). *Théorie de l'information : sciences, techniques et société de la seconde guerre mondiale à l'aube du XXIe siècle*. Thèse de doctorat, Lumière Lyon II, Lyon.
- SEGAL, J. (2003). *Le zéro et le un. Histoire de la notion scientifique d'information au 20e siècle*. Editions Syllepse, Paris.
- SEMA (1963). Etude des déplacements domicile-travail. le modèle d'équilibre préférentiel. SEMA, Paris.
- SEN, P., DASGUPTA, S., CHATTERJEE, A., SREERAM, P. A., MUKHERJEE, G. et MANNA, S. S. (2003). Small-world properties of the indian railway network. *Physical Review E*, vol.67.
- SERC (1964). *Etudes de transports urbains. Analyse des méthodes américaines*. SERC.
- SERC (1964). Le Service des Études et de Recherches de la circulation routière.
- SERC (1966). Analyse des déplacements domicile-travail. etude comparative de quelques villes françaises. SERC.
- SERC (1967). Mulhouse. Enquête ménages : principales conclusions de l'exploitation complémentaire. SERC.
- SERC, BRC DE RENNES (1964). Etude de circulation : Rennes.
- SERVICE DU RECENSEMENT (1904). *Résultats statistiques du recensement général de la population de 1901*, volume Tome 1. Service du Recensement, Paris.
- SETRA (1975). *Dossier pilote concernant la réalisation des enquêtes ménages*. SETRA, Bagneux.
- SETRA (2010). *Enquêtes de circulation. Organisation et déroulement*. SETRA, Bagneux.
- SETRA et IRT (1973). Etudes préliminaires d'infrastructures de transport. Références méthodologiques. Dossier 5. SETRA, Bagneux.
- SHANNON, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, vol.27, pp. 379–423.
- SHAPCOTT, M. et STEADMAN, P. (1978). Rythms of urban activity. In CARLSTEIN, T., PARKES, D. et THRIFT, N. (dir.) : *Human activity and time-geography*. Wiley and Sons, New York.
- SIGAUT, F. (1987). Des idées pour observer. *Techniques et cultures*, vol.10, pp. 1–12.

- SOKAL, A. D. (1996). Transgressing the boundaries : towards a transformative hermeneutics of quantum gravity. *Social Text*, vol.46-47, pp. 217–252.
- SPACCAPIETRA, S., PARENT, C., DAMIANI, M. L., de MACEDO, J. A., PORTO, F. et VANGENOT, C. (2008). A conceptual view on trajectories. *Data and Knowledge Engineering*, vol.65, n°1, pp. 126–146.
- STATISTIQUE GÉNÉRALE DE LA FRANCE (1899). *Résultats statistiques du dénombrement de 1896*. Statistique Générale de la France, Paris.
- STEWART, J. Q. (1942). A measure of the influence of a population at a distance. *Sociometry*, vol.5, n°1, pp. 63–71.
- STEWART, J. Q. (1948). Demographic gravitation : evidence and applications. *Sociometry*, vol.11, n°1-2, pp. 31–58.
- STIF et RATP (2012). Désaturation de la ligne 13 par le prolongement de la ligne 14. Dossier d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique. Pièce F. STIF, RATP.
- STOPHER, P. R. (1992). Use of an activity-based diary to collect household travel data. *Transportation*, vol.19, n°2, pp. 159–176.
- STOPHER, P. R. (2004a). Gps, location and household travel. In HENSCHER, D. A., BUTTON, K. J., HAYNES, K. E. et STOPHER, P. R. (dir.) : *Handbook of transport geography and spatial systems*. Elsevier, Oxford.
- STOPHER, P. R. (2004b). Spatial data issues : a historical perspective. In HENSCHER, D. A., BUTTON, K. J., HAYNES, K. E. et STOPHER, P. R. (dir.) : *Handbook of transport geography and spatial systems*. Elsevier, Oxford.
- STOUFFER, S. A. (1940). Intervening opportunities : a theory relating mobility and distance. *American Sociological Review*, vol.5, n°6, pp. 845–867.
- STOUFFER, S. A. (1960). Intervening opportunities and competing migrants. *Journal of Regional Science*, vol.2, n°1, pp. 1–26.
- SZTARKMAN, N., BEAUSSART, J.-L., POLITIS, N. et IMHAUS, C. (1975). Etude des réseaux de transport en commun de surface dans les grandes agglomérations françaises. APUR, Paris.
- TABAKA, K. (2009). *Vers une nouvelle socio-géographie de la mobilité quotidienne. Etude des mobilités quotidiennes des habitants de la région urbaine de Grenoble*. Thèse de doctorat, Joseph Fourier, Grenoble.
- TARIS, T. W. (2000). *A primer in longitudinal data analysis*. SAGE Publications, London.
- TAYLOR, E., HUMPHREY, A., PICKERING, K. et TIPPING, S. (2012). National Travel Survey 2011. Technical report. The Department for Transport, London.

- TAYLOR, P. et PARKES, D. (1975). A kantian view of the city : a factorial-ecology experiment in space and time. *Environment and Planning A*, vol.7, n°6, pp. 671–688.
- TERRIER, C. (1980). Les structures de l'espace français par les migrations alternantes. Lille.
- TERRIER, C. (2006a). Flux et afflux de touristes : les instruments de mesure, la géomathématique des flux. *Flux*, vol.65, n°3, pp. 47–62.
- TERRIER, C. (2006b). *Mobilité touristique et population présente*. Direction Générale du Tourisme.
- THOENIG, J.-C. (1987). *L'ère des technocrates*. L'Harmattan, Paris.
- THÉVENIN, T., CHARDONNEL, S. et COCHEY, E. (2007). Explorer les temporalités urbaines de l'agglomération de Dijon : une approche activité-centrée de l'Enquête Ménage Déplacement. *Espace Populations Sociétés*, vol.2-3.
- TIMMERMAN, H. (2003). The saga of integrated land use-transport modeling : how many more dreams before we wake up ? *Proceedings of the International Association of Traveler Behavior Conference*.
- TOBLER, W. (1970). A computer movie simulating urban growth in the detroit region. *Economic Geography*, vol.46, pp. 234–240.
- TOPALOV, C. (1988). *Naissance de l'urbanisme moderne et réforme de l'habitat populaire aux Etats-Unis (1900-1940)*. Rapport pour le Plan Urbain, Paris.
- TOPALOV, C. (1998). L'individu comme convention. *Genèses*, vol.31, n°1, pp. 48–75.
- TRANSPORT FOR LONDON (2007). London Travel Report 2007. London.
- URRY, J. (2000). *Sociology beyond societies : mobilities for the twenty first century*. Routledge, London.
- U.S. CENSUS BUREAU (2013). Daytime population. <http://www.census.gov/hhes/commuting/data/daytimepop.html>. [En ligne, consulté le 12 mars 2013].
- U.S.DOT (1997). The value of saving travel time : department guidance for conducting economic evaluation. United States Department of Transportation.
- VALLÉE, J., CADOT, E., GRILLO, F., PARIZOT, I. et CHAUVIN, P. (2010). The combined effects of activity space and neighbourhood of residence on participation in preventive health-care activities : the case of cervical screening in the paris metropolitan area. *Health & Place*, vol.16, pp. 838–852.

- VANDERSMISSSEN, M.-H., VILLENEUVE, P. et THÉRIAULT, M. (2001). L'évolution de la mobilité des femmes à québec entre 1977 et 1996. *Cahiers de géographie du Québec*, vol.45, n°125, pp. 211–243.
- VOLLE, M. (1978). Statistique fétichisée et statistique réelle. *Le Mouvement social*, n°104, pp. 43–61.
- WALLERSTEIN, I. M. (2009). *Comprendre le monde. Introduction à l'analyse des systèmes-monde*. La Découverte, Paris.
- WARNER, S. L. (1962). *Stochastic choice of mode in urban travel : a study in binary choice*. Northwestern University Press, Evanston.
- WEGENER, M. et FÜRST, F. (1999). Land-use transport interaction : state of the art. Institut für Raumplanung, Dortmund.
- WEGENER, M. G. (2004). Overview of land use transport models. In HENSHER, D. A., BUTTON, K. J., KINGSLEY, H. E. et STOPHER, P. R. (dir.) : *Handbook of transport geography and spatial systems*. Elsevier, Oxford.
- WEINER, E. (1997). *Urban transportation planning in the United States : an historical overview*. Praeger Publishers, Westport.
- WILSON, A. G. (1970). Advances and problems in distribution modelling. *Transportation Research*, vol.4, pp. 1–18.
- WILSON, W. C. (1998). Activity pattern analysis by means of sequence-alignment methods. *Environment and Planning A*, vol.30, n°6, pp. 1017–1038.
- WU, J. (2009). *Evolving properties of growing networks*. Thèse de doctorat, Delft University of Technology, Delft.
- XIE, F. et LEVINSON, D. (2006). Measuring the structure of road networks. *Geographical analysis*, vol.39, pp. 336–356.
- XIE, F. et LEVINSON, D. (2009). Topological evolution of surface transportation networks. *Computers, Environment and Urban Systems*, vol.33, pp. 211–223.
- XIE, F. et LEVINSON, D. M. (2008). The weakest link : the decline of the surface transportation network. *Transportation Research Part E*, vol.44, pp. 100–113.
- XIE, F. et LEVINSON, D. M. (2011). *Evolving transportation networks*. Springer, New York.
- YERRA, B. M. et LEVINSON, D. M. (2005). The emergence of hierarchy in transportation networks. *Annals of Regional Science*, vol.39, pp. 541–553.

- ZAHAVI, Y. (1974). Traveltime budgets and mobility in urban areas. U.S. Department of Transportation.
- ZANDVLIET, R. M. (2006). *In perpetual motion. Time-space variations in the characteristics of visitor populations and the performance of places*. Thèse de doctorat, Universiteit Utrecht, Utrecht.
- ZEMBRI, P. (2005). La recherche en socio-économie des transports en France, 1960-1990. histoire, enjeux et influence. Association pour l'histoire des chemins de fer en France, Université de Cergy-Pontoise, Cergy-Pontoise.
- ZHANG, C., MERCIER, S. et BONNEL, P. (2001). Définition d'une typologie de la mobilité adaptée à la modélisation de la demande de transport. DRAST, ISIS, LET, Lyon.
- ZHANG, J., XU, X., HONG, L., WANG, S. et FEI, Q. (2011). Networked analysis of the shanghai subway network, in china. *Physica A : Statistical Mechanics and its Applications*, vol.390, n°23–24, pp. 4562–4570.
- ZIPF, G. K. (1946). The P1 P2/D hypothesis : on the intercity movement of persons. *American Sociological Review*, vol.11, n°6, pp. 677–686.

Liste des tableaux

1.1	Relations entre études et décisions	23
1.2	Corpus d'archives et d'entretiens mobilisés dans la thèse	37
1.3	Enquêtes quantitatives et données spatiales mobilisées	38
3.1	Typologie classique des motifs de déplacements	93
4.1	Exemples de propriétés classées selon la typologie de Lazarsfeld-Menzel . .	109
4.2	Modalités des variables <i>Motif de déplacement</i>	126
5.1	Liens entre mobilité et activité	142
6.1	Évolution de la répartition modale à Bordeaux (1998-2009)	197
6.2	Taux de transition modale	212
7.1	Valeurs du temps au Canada en pourcentage d'un revenu horaire tutélaire	231
7.2	Valeurs du temps en France	232
7.3	Immobiles et non motorisés selon les catégories de population	244
7.4	Mise en valeur des déplacements	250

Table des figures

1	Structure et fil conducteur de la thèse	xviii
1.1	Engagement constructionniste	10
1.2	Objets matériels, objets conceptuels et dispositifs techniques	15
1.3	Évolution conjointe de la socio-économie des transports et de ses dispositifs	27
1.4	Archives de l’Institut d’Aménagement et d’Urbanisme de la Région Parisienne	32
2.1	Assemblage d’objets matériels et d’objets conceptuels au sein du dispositif de modélisation	43
2.2	Typologie des dispositifs de quantification de la <i>mobilité quotidienne</i>	45
2.3	Mission française des ingénieurs routiers aux États-Unis (1951)	50
2.4	Questionnaire de l’EMD de Rennes (1960) et questionnaire du manuel américain de 1944	51
2.5	Chaîne de modélisation à quatre étapes	54
2.6	Courbe d’affectation entre autobus et métropolitain (1967)	61
3.1	Interrelations des trois dispositifs au sein de la <i>matrice technique</i>	76
3.2	Évaluation des coûts à Chicago	90
3.3	Définition des propriétés de génération et d’attraction	92
4.1	Diagramme UML de l’Enquête Globale Transport	106
4.2	Typologie des propriétés des membres et des collectifs	108
4.3	Composition et lecture d’un actogramme	115

4.4	État, événement et épisode	116
4.5	Produit de l'EMD dans un cube de données séquentielles	117
4.6	Entropie relative de la variable <i>Motif de déplacement</i>	128
5.1	Densités de population durant la journée	136
5.2	Définition des populations présentes	138
5.3	Séquences d'états d'un échantillon de 25 individus	143
5.4	Séquences d'états de deux échantillons de 25 individus	144
5.5	Liens entre lieux et activités	145
5.6	Population présente dans les arrondissements parisiens	148
5.7	Population présente dans six communes de la RMB	149
5.8	Taux de présence dans la Région Métropolitaine de Barcelone	154
5.9	Relation entre les flux et la co-présence	155
5.10	Classification des individus selon le nombre de déplacements et la distance parcourue	159
5.11	Relation entre distance parcourue et nombre de déplacements réalisés . . .	160
5.12	Résumé des traitements réalisés	161
5.13	Zonage en couronnes de distance	162
5.14	Échantillon de dix séquences spatialisées	163
5.15	Classification des séquences spatialisées (échantillons de 20 individus) . . .	164
5.16	Projection des groupes selon le nombre de déplacements et la distance parcourue	165
5.17	Relation entre groupes et nombre de déplacements réalisés	166
6.1	Typologies de modes de transport selon plusieurs dispositifs de quantification	176
6.2	Habitude et routine	178
6.3	Décomposition de la variance	180
6.4	Partition de la variance pour la distance, le temps et le nombre de déplacements	182
6.5	Précision de l'estimation en fonction du nombre de jours de recueil	182
6.6	Comparaison des séquences d'activités de deux individus	186
6.7	Méthode de comparaison des patrons d'activités-déplacements	189
6.8	Exemple de « patrons quotidiens multiples » pour quatre individus	191

6.9	Enquête réalisée lors du prolongement Ouest du RER A (1972)	194
6.10	Calcul de la répartition modale individuelle	199
6.11	Comparaison des mesures d'utilisation des modes de transport	200
6.12	Évolution des pratiques modales des femmes actives, des ouvriers et des retraités en Île-de-France (1976-2001)	202
6.13	Naissance du carpooling aux États-Unis	210
6.14	Trajectoires modales individuelles	211
7.1	Schéma de l'équilibre offre-demande	234
7.2	Évaluation du surplus des usagers	241
7.3	Relation entre la superficie et l'autocontention des zones	246
7.4	Zones du modèle MODUS selon leur superficie	247
7.5	Relation entre catégories de population et intensité de franchissement	248
7.6	Relation entre catégories de population, superficie de la zone de résidence et intensité de franchissement	249
7.7	Synthèse des déplacements pris en compte dans le PPT	252
7.8	Prise en compte des déplacements en proportion de déplacements et de valeur	253
7.9	Valeur des individus vis-à-vis des critères du PPT	254
7.10	Évolution des navettes domicile-travail entre 1968 et 2008	254
8.1	Évolution des réseaux autoroutiers	260
8.2	Structure de quelques réseaux de métro	266
8.3	Grille d'analyse de l'état de l'art	270
8.4	Comparaison de trois démarches modélisatrices	271
8.5	Structure de l'espace théorique	276
8.6	Mécanisme général du modèle	277
8.7	Synthèse comparative du modèle SERT et du modèle de Levinson <i>et al.</i>	280
8.8	Niveaux d'initialisation, d'exécution et d'observation	281
8.9	Types d'agglomérations stylisés	282
8.10	Réseaux ramifiés et réseaux maillées	283
8.11	Indicateurs de maillage, de complexité et de connectivité	286
8.12	Indicateur de maillage pour le modèle avec élargissement de la grille	286
8.13	Évolution du réseau généré par le modèle 1	288

8.14 Évolution du réseau généré par le modèle 2	289
A.1 Comparaison des iris et des zones MODUS	311
A.2 Méthode d'assignation des zones EGT aux zones MODUS	312
A.3 Calcul du nombre cyclomatique maximum	314

Résumé

« Le monde n'apparaît pas tranquillement emballé dans les faits » (Hacking 1999), de même la mobilité quotidienne n'apparaît pas spontanément comme concept et objet de recherche. La mobilité quotidienne est le résultat contingent d'une construction historique de dispositifs techniques et d'objets conceptuels.

Par la construction d'un corpus d'entretiens et d'archives remontant à la fin des années 1950, la thèse opère un retour historique et épistémologique sur les instruments de la socio-économie des transports. Ce matériau fait apparaître l'émergence progressive de la notion de mobilité quotidienne ainsi que de concepts clefs qui lui sont attachés (déplacement, jour ouvrable type, coût généralisé). Il permet également d'expliquer la remarquable stabilité des dispositifs techniques de ce champ (dispositifs de quantification, de modélisation et d'évaluation économique) à travers la notion de système ou matrice technique, empruntée à l'anthropologie des techniques.

Les aspects performatifs étudiés dans la thèse sont de deux ordres : d'abord, les instruments de la socio-économie des transports renvoient une image des pratiques de mobilité quotidienne très particulière, axée sur le déplacement et le flux. Des analyses empiriques sur plusieurs enquêtes de mobilité (Enquête Globale Transport, EMD de Bordeaux, EMQ de Barcelone, Enquête panel de Seattle, Enquête Mobidrive) sont réalisées qui renvoient des images alternatives de la mobilité. Ensuite, les instruments de prévision et d'évaluation économique agissent sur les choix d'investissements et donc sur la forme des réseaux de transport. Un modèle de génération d'un réseau de transport est proposé pour penser le rôle de ces instruments sur l'espace.

Cette thèse s'attache à comprendre la production de connaissance et l'action sur la mobilité quotidienne à travers les instruments de la socio-économie des transports : comment savons-nous ce que nous croyons savoir sur la mobilité quotidienne ? Comment ce que nous savons sur la mobilité quotidienne influe sur la façon d'agir sur elle ?

Mots-clefs

Mobilité quotidienne - Socio-économie des transports - Épistémologie - Modélisation - Enquête Ménages Déplacements

Abstract

« The world does not come quietly wrapped up in facts », in the same way, daily mobility does not appear spontaneously as a concept and object of research. Daily mobility is the result of a contingent historical construction of technical devices and conceptual objects.

The thesis proposes a historical and epistemological perspective on the instruments of economics of transportation, built upon an original body of interviews and archives dating back to the late 1950s. This material shows the gradual emergence of the concept of daily mobility as well as its key concepts (trip, typical working day, generalized cost). It also helps to explain the remarkable stability of the technical devices of this field (quantification, modelling and economic assessment) through the concept of technical system or matrix, borrowed from anthropology of technology.

The performative aspects studied in the thesis are twofold : first, the instruments of economics of transportation show a contingent image of daily mobility practices, focusing on trips and flows. Empirical analyzes realized with several mobility surveys from France, Spain, Germany and the United States show alternative images of mobility. Then, prediction models and economic assessment procedures impact investment choices and thus impact the form of transportation networks. A model of evolving transportation networks is proposed to better understand this impact.

This thesis seeks to understand the production of knowledge and action on daily mobility through the instruments of economics of transportation : how do we know what we believe we know about daily mobility ? How what we know about daily mobility impacts the way we act on it ?

Keywords

Daily mobility - Economics of transportation - Epistemology - Modelling - Household Travel Survey